



TUGAS AKHIR - TE 141599

DETEKSI PEMBULUH DARAH MENGGUNAKAN ULTRASOUND DENGAN METODE SNAKE MODEL

Mohammad Syauqi Ahmadi
NRP 2212 100 125

Dosen Pembimbing
Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
Ronny Mardiyanto, S.T., M.T., Ph. D.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

DETECTION OF BLOOD VESSELS USING ULTRASOUND WITH SNAKE MODEL METHOD

Mohammad Syauqi Ahmadi
NRP 2212 100 125

Supervisors
Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
Ronny Mardiyanto, S.T., M.T., Ph. D.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

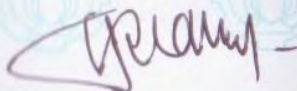
**DETEKSI PEMBULUH DARAH MENGGUNAKAN
ULTRASOUND DENGAN METODE SNAKE MODEL**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
pada
Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

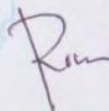
Menyetujui

Dosen Pembimbing I,



Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
NIP. 197002121995121001

Dosen Pembimbing II,



Ronny Mardivanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198101182003121003



DETEKSI PEMBULUH DARAH MENGGUNAKAN ULTRASOUND DENGAN METODE SNAKE MODEL

Mohammad Syauqi Ahmadi
2212 100 125

Dosen Pembimbing I : Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II : Ronny Mardiyanto, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Perkembangan dunia medis saat ini sudah masuk tahapan memasukkan objek ke dalam tubuh manusia. Dalam proses memasukkan objek diperlukan *supporting system* berupa pengolah citra. Teknologi pengolahan citra yang ada saat ini adalah *x-ray* dan ultrasound. Dalam penerapannya, ditemukan dampak negatif pada *x-ray* yaitu kerusakan sel somatik. Sedangkan pada ultrasound belum mengindikasikan adanya efek samping pada tubuh, sehingga ultrasound lebih aman dibandingkan *x-rays*. Ultrasound dengan mode brightness belum cukup membantu untuk mendeteksi pembuluh darah bagi selain tenaga medis. Untuk memudahkan deteksi, metode *snake model* bisa digunakan.

Pengolahan citra harus mempunyai masukan yang ingin diproses. Masukan tersebut didapatkan dari instrumen ultrasound yang dapat dioperasikan dengan *personal computer*. Hasil akuisisinya akan diproses dalam pengolah citra dengan metode *snake model*.

Luaran yang dihasilkan dari pengolahan citra berupa pembuluh darah yang sudah dideteksi dengan iterasi tercepat sebanyak 40 kali oleh metode *snake model*. Dengan adanya deteksi ini, pengguna dimudahkan untuk menemukan posisi pembuluh darah dalam jaringan tubuh yang diamati.

Kata Kunci : Pembuluh darah, *snake model*, ultrasound

DETECTION OF BLOOD VESSELS USING ULTRASOUND WITH SNAKE MODEL METHOD

Mohammad Syauqi Ahmadi
2212 100 125

Supervisor I : Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
Supervisor II : Ronny Mardiyanto, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

The development of the medical world today has entered the stage of inserting objects into the human body. In the process of inserting the object required supporting systems such as image processing. Image processing technology that exists today is the x-ray and ultrasound. In its application, found a negative impact on x-ray that somatic cell damage. While the ultrasound does not indicate any adverse effects on the body, so that ultrasound is safer than x-rays. Ultrasound with brightness mode is insufficients helping to detect blood vessels for other than medical personnel. To facilitate detection, the method can be used *snake* models.

Image processing must have input wanting processed. The input obtained from ultrasound instrumen that can be operated with a personal computer. The result of the acquisition will be processed in the image processing *snake* models method.

Outcomes resulting from image processing in the form of a blood vessel that has been detected by 40 iterations in arow by *snake* models method. Given this detection, users can make it easier to find the position of the blood vessels in tissues were observed.

Keyword : Blood vessels, *snake* models, ultrasound

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan buku tugas akhir dengan judul **“Deteksi Pembuluh Darah Menggunakan Ultrasound dengan Metode Snake Model”**. Tugas akhir merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga kendala-kendala tersebut dapat diatasi. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Bapak Tri Arief Sardjono dan Bapak Ronny Mardiyanto selaku Dosen Pembimbing atas segala bantuan, perhatian, dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tasripan selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika Jurusan Teknik Elektro ITS.
4. Bapak Ardyono Priyadi selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS.
5. Bapak Djoko Purwanto, Bapak Achmad Arifin, dan Bapak Rachmad Setiawan selaku penguji atas saran-sarannya
6. Bapak dan Ibu dosen bidang studi Elektronika Teknik Elektro ITS
7. Daniel, Dion, Mas Anas, dan rekan-rekan angkatan 2012 khususnya bidang studi Elektronika

Penulis juga menyadari bahwa pada penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, walaupun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	5
1.7 Relevansi	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Ultrasound	7
2.1.1 Panjang Gelombang dan Frekuensi	7
2.1.2 Kecepatan Ultrasound	8
2.1.3 Ultrasound Berpulsa	9
2.1.4 Mode B-Standart	9
2.1.5 Mode Doppler	10
2.2 Ultrasound Telemed	13
2.2.1 Spesifikasi	15
2.2.2 Probe (tranduser).....	15
2.3 Pembuluh Darah	16
2.3.1 Pembuluh Nadi.....	18
2.3.2 Pembuluh Balik	20
2.4 Lengan	21
2.5 Pengolahan Citra	23
2.5.1 Citra Digital.....	23
2.5.2 Pengolahan	24
2.6 Metode <i>Snake Model</i>	25
BAB III SISTEM AKUISISI DATA DAN PERANCANGAN	
SISTEM	27
3.1 Software Telemed.....	27
3.1.1 Inisialisasi.....	27

3.1.2	Penggunaan	27
3.2	Pengaturan Frekuensi dan Gain.....	28
3.3	Pengaturan Mode	28
3.3.1	Mode B-Standart.....	29
3.3.2	Mode Doppler.....	30
3.4	Pengaturan Parameter.....	31
3.4.1	Parameter Kedalaman (depth).....	31
3.4.2	Parameter Perbesaran (zoom)	31
3.5	Objek Pengamatan	32
3.6	Sistem Akuisisi.....	34
3.7	Metode Pendeteksi Pembuluh Darah	36
3.7.1	Threshold	36
3.7.2	Filter Morfologi	37
3.7.3	<i>Snake Image</i>	38
3.8	Perancangan GUI	40
BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA		43
4.1	Pengamatan Alat	43
4.2	Pengamatan Lengan	44
4.2.1	Perbandingan Sisi	45
4.3	Mode B-Standart	47
4.4	Mode Doppler	55
4.5	Pengujian <i>Snake Model</i>	59
BAB V PENUTUP		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN		65
BIOGRAFI PRNULIS.....		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram blok sederhana instrumen ultrasound.....	10
Gambar 2.2	Pengaturan sinyal Doppler untuk darah	11
Gambar 2.3	Aliasing pada hasil pengamatan.....	12
Gambar 2.4	Diagram blok pemasangan ultrasound	13
Gambar 2.5	Instrumen beamformer.....	14
Gambar 2.6	Intrument probe	14
Gambar 2.7	Komponen lengkap ultrasound	16
Gambar 2.8	Pembuluh arteri dan vena	18
Gambar 2.9	Perbedaan arteri dan vena	19
Gambar 2.10	Penampang anterior dan posterior lengan	22
Gambar 2.11	Koordinat posisi citra.....	24
Gambar 2.12	Contoh pemrosesan digital.....	25
Gambar 2.13	Penggunaan <i>snake</i> model.....	25
Gambar 3.1	Ikon software telemed.....	27
Gambar 3.2	Tampilan antarmuka awal.....	28
Gambar 3.3	Mode B-Standart.....	29
Gambar 3.4	Mode Doppler.....	30
Gambar 3.5	Pengaturan kedalaman	31
Gambar 3.6	Pengaturan perbesaran	32
Gambar 3.7	Pembuluh ulnar artery di lengan	33
Gambar 3.8	Flowchart akuisisi data	35
Gambar 3.9	Flowchart perancangan program.....	39
Gambar 3.10	Tampilan GUI.....	40
Gambar 3.11	Petunjuk pada GUI	41
Gambar 4.1	Perbandingan tanpa gel dan menggunakan gel	43
Gambar 4.2	Perbandingan gel di luar dan di dalam.....	44
Gambar 4.3	Validasi dengan atlas ultrasound	44
Gambar 4.4	Perbandingan parameter perbesaran	49
Gambar 4.5	Perbedaan parameter kedalaman.....	52
Gambar 4.6	Perbandingan 2 subjek	54
Gambar 4.7	Hasil iterasi 20 kali	59
Gambar 4.8	Hasil iterasi 40 kali	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan suara pada jaringan	8
Tabel 2.2 Spesifikasi ultrasound	15
Tabel 4.1 Pengambilan citra sisi dalam.....	45
Tabel 4.2 Pengambilan citra sisi luar	46
Tabel 4.3 Pengamatan normal	47
Tabel 4.4 Pengamatan dengan zoom 110%.....	48
Tabel 4.5 Pengamatan dengan kedalaman 50mm	50
Tabel 4.6 Pengamatan dengan kedalaman 40mm	51
Tabel 4.7 Pengamatan dengan 2 subjek	53
Tabel 4.8 Hasil pengamatan melintang	56
Tabel 4.9 Hasil pengamatan memanjang	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia medis telah mencapai tingkatan *injected* atau memasukkan *device* ke dalam tubuh manusia. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan teknologi pencitraan. Salah satu proses *injection* adalah memasukkan kateter sebagai proses penyembuhan penyakit atau pelaksanaan prosedur operasi. Dalam proses memasukkan kateter dalam tubuh, diperlukan pembuluh darah sebagai mediatornya. Informasi terkait pembuluh darah diperlukan dalam melakukan proses tersebut, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan terhadap pembuluh darah yang akan dijadikan objek. Proses memperoleh informasi ini dapat dipenuhi dengan pengolahan citra dengan menggunakan sebuah *device* sebagai transduser atau *scanner*. Transducer atau *scanner* tersebut merupakan instrumen utama yang bersentuhan dengan objek.

Teknologi yang digunakan saat ini dalam pengolahan citra adalah *x-rays* dan ultrasound. *X-rays* adalah pemanfaatan radiasi sinar elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 0.01 hingga 10 nanometer. *X-rays* dapat menangkap gambar organ dalam tubuh manusia untuk kemudian dilakukan pengolahan citra sehingga menjadi objek yang dibutuhkan. Namun, penggunaan *x-rays* memiliki dampak negatif. Dampak negatif *x-rays* adalah berubahnya sel dikarenakan radiasinya dapat menyebabkan gen mengalami ionisasi sehingga sifatnya menjadi labil dan dapat menimbulkan kerusakan pada sel somatik[4]. Meskipun masih digunakan, tetapi sudah terdapat pengurangan dalam tingkat intensitas penggunaan *x-rays* di dunia medis saat ini. Selain *x-rays*, teknologi ultrasound telah diterapkan dalam dunia pencitraan medis. Penggunaan ultrasound lebih aman jika dibandingkan dengan radiasi *x-rays*. Ultrasound menggunakan gelombang suara dengan frekuensi tinggi untuk melihat organ dan struktur anatomi di dalam tubuh manusia. Perawatan kesehatan menggunakan ultrasound seringkali digunakan untuk mengamati jantung, pembuluh darah, ginjal, hati, dan organ lainnya. Dalam kandungan, tenaga medis juga menggunakan ultrasound untuk melihat kondisi janin.

Ultrasound menggunakan bantuan transduser yang memancarkan gelombang suaranya, serta pengolahan citra untuk merekonstruksi objek yang telah ditangkap oleh transduser. Dalam pengamatan pembuluh darah, akan ditemui beberapa hambatan antara lain tertutupnya jalur pembuluh karena organ, letak pembuluh yang terlalu dalam, dan tingkat ketebalan pembuluh. Pengolahan citra sangat penting untuk menghilangkan gangguan-gangguan yang tidak diinginkan. Dengan kata lain, untuk memperjelas aliran pembuluh darah yang diinginkan, diperlukan pengolahan citra yang mampu menghilangkan hambatan-hambatan tersebut dan memfokuskan citra pada hasil yang diinginkan. Untuk menghilangkan gangguan tersebut, perlu dirancang sebuah aplikasi pengolahan citra dengan menggunakan ultrasound. Pengolahan citra ini akan dilakukan seperti pada *device* ultrasound pada institusi medis, namun menggunakan aplikasi pengolahan citra yang berbeda. Aplikasi pengolahan citra yang akan dibuat diberikan parameter-parameter yang tertentu. Kemudian hasil citra tangkapan yang telah diolah akan dibandingkan dengan *device* ultrasound dari institusi medis.

Pengolahan citra yang akan dilakukan ditujukan untuk pengamatan pembuluh darah, karena penggunaan kateter dilakukan melalui pembuluh darah. Untuk mengamati kondisi dan jalur aliran pembuluh darah dibutuhkan deteksi. Deteksi digunakan untuk membedakan pembuluh darah dengan yang bukan pembuluh darah dalam jaringan. Deteksi pada pembuluh darah akan menggunakan metode *snake model*. Metode ini akan memodelkan lintasan pembuluh darah ke suatu titik tertentu dari sebuah area pembuluh darah yang dijadikan objek pemeriksaan. Dengan melakukan deteksi, akan diketahui posisi pembuluh darah. Metode ini mengkombinasikan pemeriksaan dengan dua sudut pandang, yaitu pengolahan citra dan deteksi fitur aliran pembuluh.

1.2 Rumusan Masalah

Ultrasound menggunakan pulse echo yang hanya bisa mendeteksi bagian tubuh yang memiliki ciri-ciri sendiri. Tampilan citra ultrasound terhadap suatu objek bisa terhalang oleh bagian tubuh yang lain. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa agar bagian objek yang tertutup dapat diperkirakan letaknya. Pada pembuluh darah memiliki parameter tertentu saat ditampilkan dalam citra ultrasound. Ketika tertutup oleh organ atau bagian tubuh yang lain, maka lintasan

pembuluh darah tidak akan terlihat, sehingga mengganggu pengamatan yang dilakukan terhadap objek. Sehingga diperlukan penelitian terhadap pembuluh darah yang mampu menyelesaikan masalah di atas.

1.3 Batasan Masalah

Dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini, maka diperlukan batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Pengamatan yang dilakukan kepada pembuluh darah adalah pada daerah lengan yang sehat difokuskan pada pembuluh darah ulnar artery.
2. Ultrasound yang digunakan adalah produk dari Telemed LS128 CEXT.
3. Transduser yang digunakan adalah standar medis pada Probe Telemed 128 element.
4. Software pengamatan merupakan produk Telemed.
5. Analisa dilakukan menggunakan data hasil pengamatan.
6. Metode untuk merunutkan pembuluh darah adalah metode *snake* model.

Pembatasan ini digunakan agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu umum dan dapat difokuskan pada topik yang seharusnya dibahas selama tugas akhir ini berlangsung.

1.4 Tujuan

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap jalur pembuluh darah pada lengan dan menganalisa pembuluh darah yang tertutup oleh bagian tubuh atau organ dengan mekanisme perpaduan gambar melalui aplikasi image processing yang dirincikan sebagai berikut :

1. Pengambilan data pembuluh darah menggunakan instrumen ultrasound dan software Telemed.
2. Mengumpulkan data hasil pengamatan sebagai bahan analisa pada aplikasi image processing.
3. Menganalisa jalur pembuluh darah menggunakan aplikasi image processing.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari beberapa buku, paper, jurnal, artikel maupun literatur ilmiah lainnya mengenai teori dan hal-hal teknis lain yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir. Selain itu juga melakukan *internet research*, yaitu mencari informasi-informasi penting yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir pada beberapa website melalui internet. Pada tahap ini akan dipelajari tata cara penggunaan ultrasound dan software Telemed, anatomi pembuluh darah pada lengan dan penerapan ultrasound pada pembuluh darah yang disesuaikan dengan kebutuhan.
2. Sistem Akuisisi dan Perancangan Program

Pengambilan data menggunakan instrumen ultrasound produk Telemed, terdiri dari probe dan processornya. Software yang digunakan sebagai perekam data juga merupakan produk Telemed. Pengambilan data akan dilakukan dengan menggunakan 2 mode yang berbeda serta dilakukan pengaturan pada parameter agar didapatkan data yang dibutuhkan. Tentu saja objek pengamatan juga ditentukan. Perancangan program dilakukan untuk mendeteksi adanya perbedaan kontur yang kemudian ditandai sebagai pembuluh darah. Pada program akan dimulai dengan memasukkan *raw input* sebelum diproses, kemudian melalui aplikasi pengolah yang dioperasikan dengan sistem antarmuka. Hasilnya akan menjadi sebuah citra baru dengan posisi pembuluh darah sudah diidentifikasi.
3. Pengolahan dan Analisa Data

Terdapat dua data yang diperoleh selama penelitian. Data pertama adalah data *raw material*. Data ini merupakan hasil akuisisi yang dilakukan dengan instrumen ultrasound. Sebelumnya telah dilakukan pengujian terhadap instrumen yang digunakan. Data kedua adalah data hasil pengolahan citra yang secara langsung menunjukkan posisi pembuluh darah dalam citra yang dibuat.
4. Evaluasi dan Perbaikan

Merupakan langkah untuk melakukan pengamatan berlebih terhadap analisa data dan hasil pengolahan citra yang diambil dari data pengamatan. Evaluasi ini digunakan untuk mengetahui apakah sudah sesuai antara hasil yang didapatkan dari analisa dan pengolahan data terhadap permasalahan yang ingin diselesaikan.

Jika keduanya sudah sesuai dan saling berhubungan, maka langkah evaluasi tidak perlu dilakukan. Namun, jika masih terdapat kesalahan atau ketidaksesuaian diantara keduanya, maka langkah perbaikan akan diambil untuk memberikan solusi. Perbaikan bisa dilakukan terhadap analisa data, program pengolahan citra, maupun data yang sudah didapatkan.

5. Penarikan Kesimpulan

Hasil analisa data akan menghasilkan sebuah kesimpulan dalam penelitian ini. Kesimpulan ini akan dituangkan sebagai penutup pada tugas akhir ini. Kesimpulan diharapkan sejalan dengan tujuan awal penelitian.

1.6 Sistematika Pembahasan

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan dan relevansi.

Bab II Landasan Teori

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka mengenai instrumen ultrasound secara umum dan jika diterapkan pada manusia, pembahasan mengenai pembuluh darah, penjelasan mengenai lengan, dan pengolahan citra.

Bab III Sistem Akuisisi Data dan Perancangan Program

Bab ini berisi penjelasan metode pengambilan data dengan langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penelitian. Dijelaskan pula spesifikasi instrumen ultrasound yang digunakan, kemudian software serta parameter pengamatan. Terdapat pula perancangan program yang akan digunakan sebagai pengolah citra.

Bab IV Pengolahan dan Analisa Data

Pada bab ini akan diberikan kumpulan hasil data pengamatan yang telah didapatkan yang dikelompokkan dengan mode dan parameternya. Data pertama dan kedua pada bab ini akan dianalisa berdasarkan tujuannya sebagai detektor pembuluh darah. Analisa yang diberikan berdasarkan hasil pengujian pada beberapa aspek.

Bab V Penutup

Pada bab ini berisi kesimpulan hasil pengujian dan saran.

1.7 Relevansi

Hasil dari yang didapat pada tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat dan solusi sekaligus sebagai referensi untuk bidang instrumenasi biomedik terutama ultrasound. Mengingat sangat luasnya teknologi pada instrumen ini, penelitian ini bisa menjadi awal pengembangan penelitian lain berbasis ultrasound yang bisa berkolaborasi dengan tenaga medis.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Ultrasound

Secara umum, ultrasound, seperti namanya, adalah suara berfrekuensi tinggi. Gelombang suara berjalan melalui suatu medium yang menyebabkan perpindahan lokal partikel dalam medium. Namun, tidak ada gerakan medium secara keseluruhan[9]. Tidak seperti cahaya, suara tidak dapat melakukan perjalanan melalui ruang hampa. Gelombang suara membutuhkan media sebagai pendukung. Pertimbangkan seutas tali yang dipegang di kedua ujungnya: dengan salah satu ujung diberi guncangan sebentar, getaran yang ditimbulkan akan melakukan perjalanan sepanjang tali yang dengan demikian sama seperti mengirimkan energi dari satu ujung ke ujung yang lain. Hal ini dikenal sebagai gelombang transversal, yaitu gelombang yang arah rambatannya tegak lurus dengan arah getarannya. Gelombang pada ultrasound adalah gelombang longitudinal, artinya perpindahan partikel dalam medium memiliki arah yang sama seperti berjalannya gelombang.

2.1.1 Panjang Gelombang dan Frekuensi

Ultrasound biasanya dideskripsikan oleh frekuensinya, yang mana berkaitan dengan panjang gelombang yang dihasilkan. Panjang gelombang dari gelombang suara adalah jarak antara titik-titik yang berurutan di mana ukuran dan arah perpindahannya dan arah partikel-partikel yang berpindah sama. Panjang gelombang dilambangkan dengan simbol λ . Waktu yang dibutuhkan untuk gelombang bergerak maju sepanjang medium oleh satu panjang gelombang dikenal dengan periode (τ). Sedangkan frekuensi, yang disimbolkan f , adalah jumlah siklus perpindahan yang melewati sebuah titik dalam medium selama satu detik, dan dirumuskan sebagai :

$$f = \frac{1}{\tau}$$

Satuan untuk frekuensi adalah hertz (Hz), yang mana 1 Hz adalah satu siklus penuh per detik. Gelombang suara yang bisa

didengar berada pada frekuensi antara 20 Hz hingga 20 KHz, sedangkan scanner ultrasound medis biasanya menggunakan frekuensi tinggi antara 2 dan 15 MHz.

2.1.2 Kecepatan Ultrasound

Suara berjalan melewati medium yang berbeda pada kecepatan yang berbeda (misalnya, suara merambat lebih cepat melalui air daripada melalui udara). Kecepatan gelombang suara, c , didapatkan dari jarak yang telah ditempuh oleh gangguan selama waktu tertentu dan konstan dalam medium tertentu. Kecepatan dapat ditentukan dengan cara mengalikan frekuensi dengan panjang gelombang dan biasanya diukur dalam satuan meter per detik (m/s)

$$c = \lambda f$$

Kecepatan suara melalui suatu material tergantung pada kepadatan dan kompresibilitas dari bahan. Semakin padat dan semakin kompresibel materi, maka semakin lambat rambatan gelombang tersebut melalui medium. Kecepatan suara juga berbeda dalam beberapa jaringan tubuh.

Pengetahuan terhadap kecepatan suara diperlukan untuk menentukan sejauh mana gelombang ultrasound dapat merambat. Sistem ultrasound biasanya membuat sebuah perkiraan dengan asumsi bahwa kecepatan suara adalah sama pada semua jaringan, yaitu 1540 m/s. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan kecil dalam perkiraan jarak tempuh karena variasi kecepatan suara pada setiap jaringan berbeda.

Tabel 2.1 Kecepatan suara pada jaringan

Medium	Kecepatan Suara (m/s)
Udara	330
Air (20°C)	1480
Lemak	1450
Darah	1570
Otot	1580
Tulang	3500
Jaringan Halus (rata-rata)	1540

2.1.3 Ultrasound Berpulsa

Sistem Doppler yang sederhana beroperasi dengan tegangan eksitasi frekuensi tunggal secara terus menerus, tetapi semua sistem pencitraan sistem pulsa Doppler menggunakan sinyal eksitasi yang berpulsa. Jika ultrasound ditransmisikan secara terus menerus ditransmisikan sepanjang garis tertentu, energinya akan dipantulkan kembali secara kontinyu dari batas yang dilalui oleh jalur sinar, dan hal tersebut tidak akan memungkinkan prediksi darimana asal gema itu kembali. Bagaimanapun, ketika sebuah pulsa ultrasound ditransmisikan sangat mungkin untuk memprediksi jarak (d) permukaan pantulan dari transduser jika waktu (t) antara transmisi dan penerimaan pulsa diukur dan kecepatan (v) ultrasound sepanjang jalurnya diketahui.

$$d = \frac{tc}{2}$$

Faktor angka 2 didapatkan dari kejadian yang menyatakan bahwa pulsa berjalan sepanjang jalurnya sebanyak dua kali, pertama saat ditransmisikan dan kedua saat kembali dari pantulan. Hal ini dapat digunakan untuk memprediksi dari bagian tubuh yang mana gema tersebut kembali.

2.1.4 Mode B-Standart

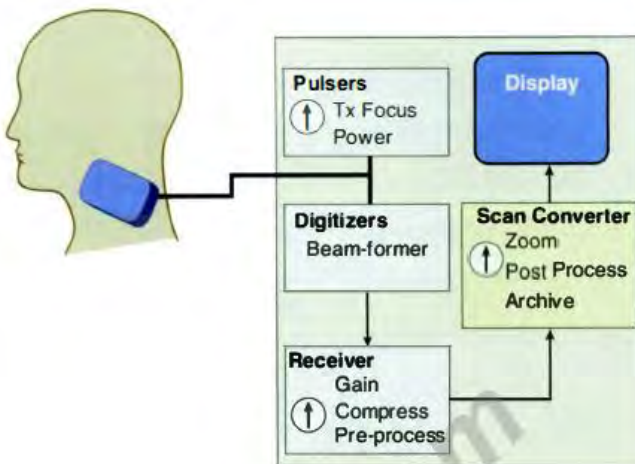
Pencitraan ultrasound dilakukan menggunakan teknik “pulse echo”. Sebuah transduser ultrasound ditempatkan bersentuhan dengan permukaan kulit. Transduser berulang kali memancarkan pulsa suara singkat pada tingkat tertentu, yang disebut pengulangan pulsa frekuensi (pulse repetition frequency) atau PRE. Setelah mengirim setiap pulsa, transduser menunggu gema dari interface sepanjang jalur sinar. Sinyal gema akan diambil oleh transduser akan diperkuat dan diproses ke dalam format yang sesuai untuk display.

Untuk membuat gambar, pulsa suara ditransmisikan sepanjang jalur sinar yang bervariasi, masing-masing diikuti oleh penerima dan pemroses dari resultan sinyal gema. Pencitraan dilakukan dengan array transducer, dimana sinyal gema yang diakuisisi oleh elemen-elemen individu dan dikombinasikan dengan berkas sinar membentuk sinyal tunggal untuk setiap jalur berkas sinar.

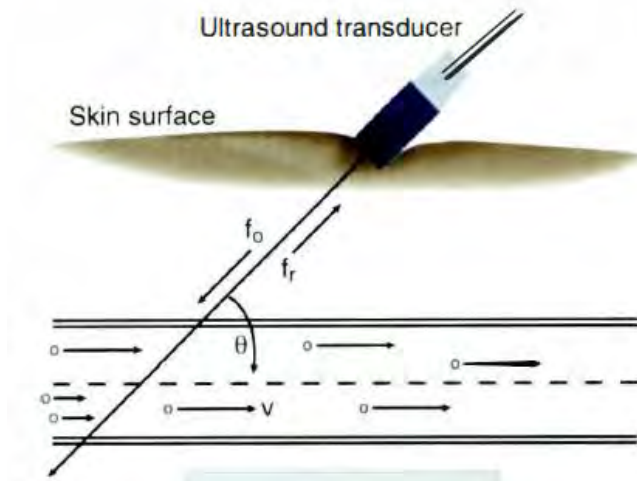
Dalam pemindaian B-Mode, berkas suara yang menyapu sebuah daerah dan sinyal gema didaftarkan dalam matriks dua dimensi (2D) dalam posisi yang sesuai dengan anatomi asalnya. Pendaftaran dilakukan dengan menempatkan titik-titik B-Mode sepanjang garis yang sesuai dengan sumbu berkas ultrasound saat menyapu seluruh bidang pemindaian. Serta kedalaman yang tepat dari setiap gema ditentukan dari waktu kedatangan gema.

2.1.5 Mode Doppler

Efek Doppler adalah perubahan frekuensi dari gelombang terdeteksi ketika sumber atau detektor bergerak. Dalam ultrasound medis, pergeseran doppler terjadi ketika reflector bergerak relative terhadap transduser. Frekuensi sinyal gema dari reflektro yang bergerak lebih tinggi atau lebih rendah dari frekuensi yang ditransmisikan oleh transduser, bergantung pada apakah gerakan dari objek menuju atau menjauhi transduser. Pergeseran frekuensi Doppler atau frekuensi Doppler sederhana dibedakan berdasarkan penerimaan dan transmisinya.



Gambar 2.1 Diagram blok sederhana instrumen ultrasound[6]



Gambar 2.2 Pengaturan sinyal Doppler untuk darah[6]

Peralatan ultrasound Doppler digunakan untuk mendeteksi dan mengevaluasi aliran darah. Transduser ultrasound ditempatkan menempel dengan permukaan kulit. Transduser tersebut mentransmisikan berkas dengan frekuensi f_a . Frekuensi yang diterima, f_R , akan berbeda dari f_a saat gema ditangkap dari objek yang tersebar, seperti sel darah merah. Frekuensi Doppler, f_D , didefinisikan sebagai perbedaan antara frekuensi yang diterima dengan frekuensi yang dikirim. Frekuensi Doppler dapat dihitung dalam persamaan berikut

$$f_D = f_R - f_o = \frac{2f_o V \cos \theta}{c}$$

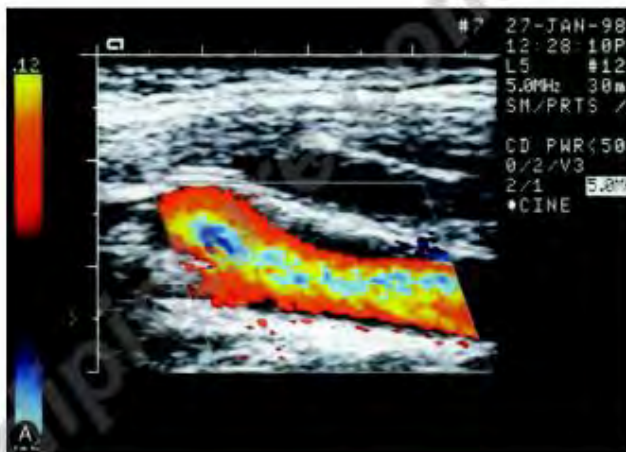
dimana c adalah kecepatan suara, V adalah kecepatan aliran dan θ adalah sudut antara arah aliran dan sumbu berkas yang dikeluarkan ultrasound, berdasarkan arah transduser. Simbol θ disebut sudut Doppler dan sangat mempengaruhi frekuensi Doppler yang terdeteksi untuk mendapatkan kecepatan pantulan.

Sebuah instrumen CW (Continuous Wave) Doppler dasar memungkinkan untuk mendeteksi besarnya frekuensi Doppler, tetapi tidak memberikan indikasi apakah aliran ini menuju atau

menjauhi transducer. Atau lebih tepatnya apakah pergeseran Doppler negative atau positif. Teknik umum untuk menentukan arah aliran adalah dengan menggunakan deteksi quadrature di perangkat Doppler. Setelah sinyal gema diterima, sinyal tersebut akan diperkuat, kemudian dibagi menjadi dua saluran identik untuk didemodulasi. Saluran berbeda Dua sinyal Doppler yang terpisah diproduksi. Keduanya identik kecuali perbedaan fase yang kecil diantara keduanya., dan perbedaan fase ini yang digunakan untuk menentukan apakah pergeseran Doppler positif ataukah negative.

Dengan instrumen CW Doppler, reflector dan objek yang tersebar di mana saja dalam balok transducer dapat memberikan dampak seketika sinyal Doppler ada. Sebuah instrumen pulsa Doppler memberikan perlakuan yang berbeda pada sinyal Doppler dari berbagai kedalaman, yang memungkinkan untuk mendeteksi interface yang bergerak dan objek tersebar hanya dari volume sampel yang terdefinisi dengan jelas.

Pada instrumen pulsa Doppler, pembatasan terdapat pada frekuensi Doppler maksimum yang dapat dideteksi dari kedalaman yang diberikan dan pada pengaturan saat dioperasikan. Keterbatasan ini dinamakan aliasing, dan jika ada menyebabkan anomaly pada gelombang spectral sinyal Doppler.



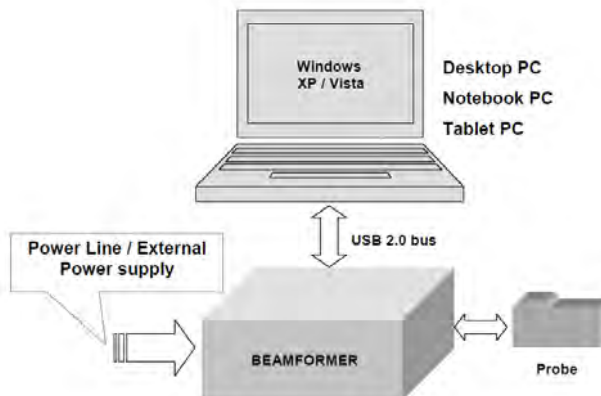
Gambar 2.3 Aliasing pada hasil pengamatan[6]

2.2 Ultrasound Telemed

Instrumen merupakan komponen penting dalam penelitian ini. Data mampu didapatkan dengan menggunakan instrumen yang sesuai dengan penelitian. Dalam penelitian ini, digunakan instrumen ultrasound yang merupakan produk dari Telemed.

Gelombang ultrasound yang digunakan dalam system diagnostic memiliki frekuensi dari 2 MHz sampai 10 MHz. Gelombang dengan frekuensi tersebut melemah di udara, sehingga dapat diukur misalnya dalam air. Gelombang ultrasound, yang dikirim oleh converter memiliki kekuatan sangat kecil (intensitas sedang kurang dari 100mW/cm), yang menurut International Electro technical Comission (IEC) belum berdampak apapun bagi kesehatan pasien.

Sistem diagnostic ultrasound didasarkan pada efek pantulan gelombang ultrasound dari tepi jaringan dengan tingkat impedansi akustik yang berbeda. Gelombang ultrasound dikirim oleh kepala probe yang dipancarkan ke tubuh pasien. Pantulan dari tipe jaringan yang spesifik dan tepian atau permukaan eksternalnya menyebabkan sebagian pantulan (refleksi parsial) gelombang suara yang merambat. Gema yang datang kembali ke kepala probe dan setelah dideteksi dan diperkuat akan ditampilkan pada layar monitor sebagai kombinasi piksel dengan berbagai nuansa kecerahan, menciptakan sebuah gambar ultrasound.



Gambar 2.4 Diagram blok pemasangan ultrasound

Berdasarkan blok diagram pada gambar sebelumnya, terdapat 2 bagian inti dari instrumen ultrasound, yaitu beamformer dan probe. Beamformer akan membangkitkan gelombang suara, sedangkan probe digunakan untuk mengirim dan menerima gelombang suara tersebut.

Pembangkit berkas atau beamformer berfungsi untuk :

- Membangkitkan pulsa listrik untuk merangsang probe
- Pre-amplifikasi sinyal gema ultrasound
- Kompensasi dari pelemahan ultrasound karena kedalaman rambatan
- Penataan urutan sinyal penerima dan focus dengan menerapkan penundaan waktu yang tepat
- Pergeseran frekuensi pusat BPF (Band Pass Filter) untuk mengikuti pergeseran frekuensi yang terjadi sesuai dengan kedalaman rambatan
- Mempersiapkan data digital untuk ditransfer melalui USB interface.



Gambar 2.5 Instrumen beamformer



Gambar 2.6 Instrumen probe

2.2.1 Spesifikasi

Secara keseluruhan, instrumen ultrasound LS 128 CEXT memiliki beberapa spesifikasi berdasarkan karakteristiknya. Mode yang ditawarkan oleh ultrasound ini juga cukup kompleks.

Scanner LogicScan ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai pemindaian pada jantung (baik dewasa atau anak-anak), janin, perut, pediatric, organ kecil, transvaginal, pembuluh, dan otot rangka. Sistemnya juga memiliki kemampuan pengukuran untuk struktur anatomi dan biometri janin serta memberi informasi diagnostic klinis. Hal ini memungkinkan untuk memberikan informasi diagnostic di luar laboratorium pencitraan.

2.2.2 Probe (tranduser)

Probe adalah transformator piezoelektrik yang menyediakan pulsa akustik yang digunakan untuk melewati medium serta digunakan baik untuk transmisi dan penerimaan. Sebuah tegangan berbentuk gelombang diterapkan untuk tranduser dan diubah menjadi gelombang akustik (kebalikan efek piezoelektrik). Pulsa akustik kemudian sebagian ditransmisikan dan sebagian dipantulkan oleh struktur jaringan lunak di dalam tubuh.

Tabel 2.2 Spesifikasi ultrasound

Karakteristik		Keterangan
Imaging Mode	B B+B 4B B+M M	Color Doppler Power Doppler Direction Power Doppler Pulse Wave Doppler Duplex
Ultrasound Imaging	Grayscale : 256 Colorscale : 256	Zoom : 60% hingga 600%
Probe	128 elements	Automatic recognition
Dimension	62 x 210 x 185	In mm
Weight	1.6 kg	
Focusing	Hybrid Beamformer	32 Channels
Power	External AC Medical grade	100-240 VAC, 50-60 Hz



Gambar 2.7 Komponen lengkap ultrasound

Gelombang lunak yang dipantulkan diterima oleh transduser yang sama dan diubah menjadi gelombang tegangan. Unit probe terdiri hingga 128 elemen piezoelektrik.

2.3 Pembuluh Darah

Darah beredar ke seluruh tubuh. Bergerak dari jantung melewati berbagai jaringan dan kembali ke jantung, di dalam pembuluh darah. Darah meninggalkan jantung melalui batang paru-paru, yang berasal dari ventrikel kanan., dan aorta, yang berasal dari ventrikel kiri. Masing-masing batang arteri memiliki diameter sekitar 2,5 cm (1 inch). Arteri paru-paru yang merupakan cabang dari batang paru-paru membawa darah ke paru-paru. Arteri sistemik yang merupakan cabang dari aorta mendistribusikan darah ke seluruh organ tubuh lainnya. Di dalam organ-organ ini pembuluh bercabang menjadi beberapa ratus juta arteriol kecil yang menyediakan darah ke lebih dari 10 miliar kapiler dalam jaringan percabangan mereka sendiri. Kapiler-kapiler ini memiliki diameter sebesar sebuah sel darah merah. Jika semua kapiler-kapiler dalam tubuh manusia disusun dari ujung ke ujung, panjang gabungan mereka akan lebih dari 25.000 mil, cukup untuk mengelilingi planet ini.

Pembuluh darah harus cukup elastis untuk menahan perubahan tekanan, dan cukup fleksibel untuk bergerak untuk mendasari jaringan dan organ. Tekanan dalam pembuluh bervariasi sesuai dengan jarak dari jantung, dan struktur pembuluh yang berbeda mencerminkan fakta ini. Arteri, vena, dan kapiler juga berbeda dalam

fungsi, dan perbedaan-perbedaan fungsional ini berhubungan dengan fitur anatomi yang khas.

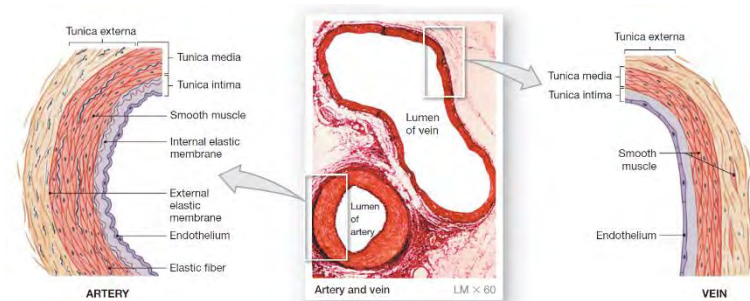
Dinding pada arteri dan vena memiliki tiga lapisan yang berbeda, yaitu *tunica intima*, *tunica media* dan *tunica externa*

- *Tunica intima*, atau tunica interna adalah lapisan dalam pembuluh darah. Ini termasuk lapisan endotellium dan lapisan di sekitar jaringan ikat dengan jumlah serat elastis yang bervariasi. Pada arteri, batas luar *tunica intima* mengandung lapisan tebal serat elastis yang disebut membrane elastis internal.
- *Tunica media* adalah lapisan tengah pembuluh darah. Lapisan ini berisi lembar konsentris jaringan otot polos dalam sebuah kerangka jaringan ikat longgar. Serat kolagen mengikat *tunica media* ke *tunica intima* dan *tunica externa*. *Tunica media* umumnya merupakan lapisan paling tebal di arteri yang kecil. Lapisan ini dipisahkan dari sekitar *tunica externa* oleh pita serat elastis yang dinamakan membrane elastis eksternal. Sel-sel otot polos dari *tunica media* mengelilingi endotellium yang melapisi lumen pembuluh darah. Ketika otot-otot halus ini berkontraksi, diameter pembuluh menyempit, dan saat berelaksasi, diameternya kembali melebar
- *Tunica externa* atau *tunica adventitia* adalah lapisan terluar pembuluh darah. Lapisan ini berupa selubung jaringan ikat. Pada arteri, mengandung serta kolagen dengan pita-pita yang tersebar dari serat elastis. Dalam vena, umumnya lebih tebal dari *tunica media* dan mengandung jaringan serat elastis dan rangkaian sel otot polos. Serat jaringan ikat *tunica externa* berbau ke dalam jaringan-jaringan yang berdekatan dengannya, menstabilkan dan menahan pembuluh darah.

Dinding pembuluh yang berlapis memberikan kekuatan yang cukup bagi arteri dan vena. Komponen otot dan elastis juga mengizinkan perubahan yang dapat diatur pada diameter saat tekanan darah atau volume darah berubah. Bagaimanapun, dinding arteri dan vena terlalu tebal untuk memungkinkan difusi antara aliran darah dengan jaringan sekitarnya, atau bahkan antara darah dengan jaringan pembuluh itu sendiri.

Dalam kondisi menyolok, Pembuluh arteri dan vena dapat dibedakan secara umum karena :

- Dinding tebal dari arteri bisa dirasakan jika pembuluh ditekan



Gambar 2.8 Pembuluh arteri dan vena[7]

- Arteri biasanya mampu menjaga bentuk silindernya, sedangkan vena lebih sering Kempis
- Arteri lebih tahan : Ketika meregang, arteri tetap mempertahankan bentuknya dan memanjang. Ketika melepas, arteri akan mengatup lagi. Sedangkan vena kecil tidak bisa mentoleransi distorsi yang banyak tanpa runtuh atau robek.
- Vena biasanya berisi katup-katup, yaitu struktur internal yang mencegah aliran darah kembali ke kapiler. Dalam sebuah vena yang utuh, masing-masing lokasi katup ditandai dengan sedikit distensi dari dinding pembuluh darah.

2.3.1 Pembuluh Nadi

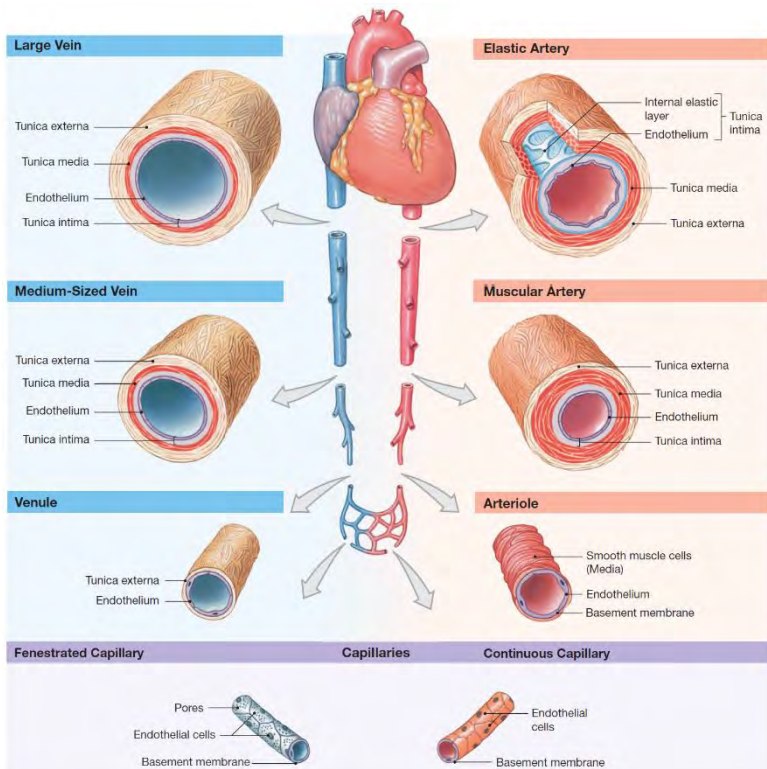
Pembuluh nadi juga dikenal sebagai arteri. Arteri relative tebal, dinding otot mereka membuat arteri elastis dan kontraktif. Elastisitas tersebut memungkinkan diameter pembuluh untuk berubah secara pasif dalam menanggapi perubahan tekanan darah. Sebagai contoh, elastisitas tersebut memungkinkan arteri untuk menyerap gelombang tekanan yang menyentak yang menyertai kontraksi dari ventrikel. Ketika diberi rangsangan, otot polos arteri berkontraksi, disebut sebagai peristiwa vasokonstriksi. Ketika otot polos ini berelaksasi, diameter lumen akan membesar, yang merupakan proses vasodilasi.

Dalam proses perjalanan dari jantung ke kapiler, darah melewati arteri elastis, arteri muscular, dan arteriol.

- Arteri elastis
Dikenal sebagai arteri utama, karena arteri ini membawa sejumlah volume besar darah dari jantung. Arteri ini

merupakan pembuluh-pembuluh besar dengan diameter hingga 2.5 cm. Cabang utama dari batang paru-paru dan aorta merupakan arteri elastis.

- Arteri muscular
Arteri muscular atau arteri ukuran menengah, juga dikenal sebagai arteri distribusi karena arteri ini mendistribusikan darah ke otot rangka dan organ internal tubuh. Sebagian besar pembuluh pada sistem arteri terdiri dari arteri muscular. Arteri ini dicirikan memiliki *tunica media* yang tebal.



Gambar 2.9 Perbedaan arteri dan vena

- Arteriol
Dengan diameter 30 μm atau kurang, yang jauh lebih kecil dari arteri muscular. Arteriol memiliki sedikit tunica eksterna. Dalam arteriol yang lebih besar, *tunica media* terdiri dari satu atau dua lapisan sel otot polos. Arteriol merupakan bagian terkecil pada arteri.

2.3.2 Pembuluh Balik

Pembuluh balik, disebut juga vena mengumpulkan darah dari semua jaringan dan organ kemudian mengembalikannya ke jantung. Dinding dari pembuluh vena dapat lebih tipis jika dibandingkan dengan arteri karena tekanan darah pada pembuluh vena lebih kecil daripada yang ada di arteri. Vena dapat diklasifikasikan berdasarkan ukurannya.

- Venula
Venula adalah pembuluh vena terkecil. Venula mengumpulkan darah dari kapiler. Venula juga bervariasi dalam ukuran dan struktur. Rata-rata venula memiliki diameter 20 μm . *Tunica media* pada venula tidaklah banyak, dan venula terkecil menyerupai kapiler yang diperluas.
- Vena Berukuran Sedang
Vena berukuran sedang sebanding dengan arteri muscular. Ukuran diameter internalnya berkisar antara 2 hingga 9 mm. *Tunica media* vena ini tipis dan mengandung sel otot polos yang relatif sedikit. Lapisan paling tebal dari vena berukuran sedang ini ada pada *tunica externa*, yang mana mengandung ikatan serat elastis dan kolagen secara longitudinal.
- Vena Besar
Vena besar meliputi superior dan inferior vena kava dan beberapa tambahannya dalam rongga abdominopelvic dan thorax (dada). Semua vena besar memiliki 3 lapisan. *Tunica media* yang ramping dikelilingi oleh *tunica externa* yang tebal yang terdiri dari campuran serat elastis dan serat kolagen.

2.4 Lengan

Deskripsi singkat sebuah lengan adalah anggota tubuh bagian atas manusia. Lengan didefinisikan dari pergelangan tangan sampai ke bahu. Lengan terdiri dari beberapa bagian yang bersama membuat salah satu alat gerak yang utama bagi manusia. Bagian-bagian tersebut adalah :

- Lengan atas, bagian tubuh dari bahu ke siku yang menjadi pusat kekuatan lengan
- Siku, salah satu sendi berengsel yang memungkinkan lengan untuk berayun
- Lengan bawah, daerah antara pergelangan tangan dan siku dan berfungsi memutar pergelangan tangan

Pada lengan juga terdapat hampir keseluruhan sistem tubuh manusia. Sistem tulang, otot, pembuluh darah, dan juga saraf juga terdapat sebagian pada lengan.

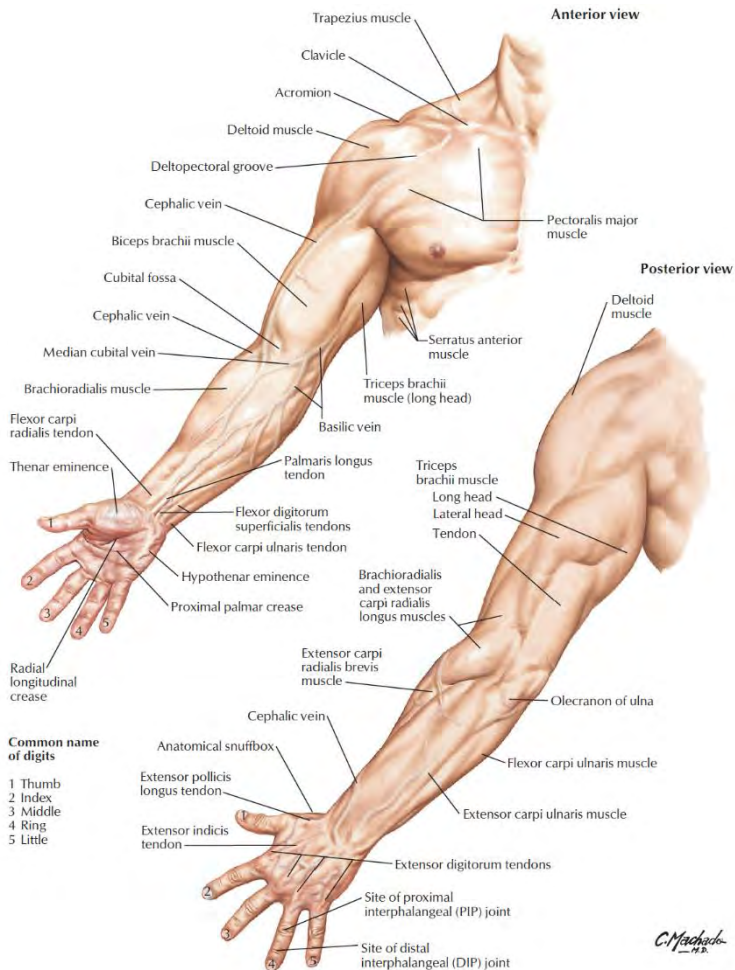
Berdasarkan sistem rangkanya, lengan memiliki beberapa rangka yaitu tulang humerus pada lengan atas, tulang radius dan ulna pada lengan bawah. Jika dikaitkan dengan otot, lengan memiliki otot bicep dan trisep yang bekerja secara antagonis. Terdapat pula otot fleksor dan ekstensor pada lengan bawah.

Pada primata, lengan sangat beradaptasi baik untuk memanjat maupun pekerjaan terampil lainnya. Persendian pada bahu mengizinkan lengan untuk bergerak dalam bidang melingkar yang luas, sementara adanya dua tulang lengan depan yang dapat memutar satu sama lainnya mengizinkan jenis gerakan tambahan lain.

Otot tangan terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

- Bicep: Sebuah otot besar lengan atas, otot bicep tertekuk sering dipandang sebagai tanda kekuatan seseorang. Secara resmi dikenal sebagai otot bicep brachii, bicep yang terletak di atas tulang humerus. Berputar lengan serta fleksi siku.
- Trisep: otot besar ini di belakang lengan atas membantu meluruskan lengan. Hal ini secara resmi dikenal sebagai trisep brachii otot.
- Brakioradialis: otot ini, terletak di bagian atas lengan bawah dekat siku, membantu memutar lengan bawah lahir dan batin. Karena jenis gerakan, kadang-kadang dikenal sebagai “bir otot peminum.”

- Ekstensor karpi radialis longus: otot ini sebelah brakioradialis adalah salah satu dari lima otot utama yang membantu memindahkan pergelangan tangan.



Gambar 2.10 Penampang anterior dan posterior lengan[8]

2.5 Pengolahan Citra

2.5.1 Citra Digital

Citra digital adalah gambar dua dimensi yang dapat ditampilkan pada layar monitor komputer sebagai himpunan berhingga (diskrit) dengan nilai digital yang disebut dengan *pixel* (*picture elements*). *Pixel* adalah elemen citra yang memiliki nilai yang menunjukkan intensitas warna. Citra digital merupakan suatu matriks dimana indeks baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya (yang disebut sebagai elemen gambar/ pixel/ piksel/ pels/ picture element) menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut. Dalam tinjauan matematis, citra merupakan fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi.

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel, $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial pada citra tersebut dan nilai $f(x,y)$ yang merupakan intensitas citra pada posisi koordinat tersebut. Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital berdasarkan pada penelitian bahwa sebuah warna merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (*Red, Green, Blue - RGB*) dengan perubahan intensitas dari ketiga warna dasar tersebut menghasilkan intensitas pewarnaan yang berbeda.

Sumber dari citra digital bisa berupa *imaging device* yang digunakan bersama dengan teknologi pengolahan citranya. Berdasarkan cara penyimpanan atau pembentukannya, citra digital dapat dibagi menjadi dua jenis. Jenis pertama adalah citra digital yang dibentuk oleh kumpulan pixel dalam *array* dua dimensi. Citra jenis ini disebut citra bitmap (*bitmap image*) atau citra raster (*raster image*). Jenis citra yang kedua adalah citra yang dibentuk oleh fungsi-fungsi geometri dan matematika. Jenis citra ini disebut grafik vektor (*vector graphics*).

Citra digital (diskrit) dihasilkan dari citra analog (kontinu) melalui digitalisasi. Digitalisasi citra analog terdiri atas *sampling* dan kuantisasi (*quantization*). *Sampling* adalah pembagian citra ke dalam elemen-elemen diskrit (pixel), sedangkan kuantisasi adalah pemberian nilai intensitas warna pada setiap pixel dengan nilai yang berupa bilangan bulat.



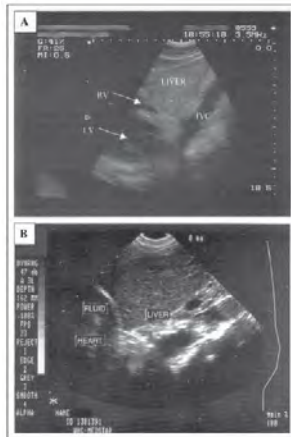
Gambar 2.11 Koordinat posisi citra[10]

2.5.2 Pengolahan

Pengolahan citra digital merupakan proses yang bertujuan untuk memanipulasi dan menganalisa citra dengan bantuan computer, yang dapat dibedakan menjadi (a) perbaikan kualitas gambar dan (b) informasi untuk pengenalan objek. Akuisisi citra dilakukan dengan *device* untuk menangkap objek, salah satunya scanner atau transduser.

Tahap pengolahan citra adalah sebagai berikut :

- a. Segmentasi
Segmentasi bertujuan untuk memilih dan mengisolasi (memisahkan) suatu objek dari keseluruhan gambar. Segmentasi meliputi langkah downsampling, penapisan dan deteksi tepian.
- b. Representasi
Representasi mengacu pada data konversi dari hasil segmentasi ke bentuk yang lebih sesuai untuk proses pengolahan pada computer melalui software. Batas representasi digunakan untuk penekanan pada karakteristik bentuk luar, dan area representasi digunakan ketika penekanan terdapat pada daerah dalam.



Gambar 2.12 Contoh pemrosesan digital[3]

2.6 Metode *Snake Model*

Snake atau active contour adalah kurva yang didefinisikan dalam domain citra, bisa bergerak karena pengaruh gaya internal dari kurva itu sendiri dan gaya eksternal yang dihitung dari data citra. Gaya internal dan eksternal dibuat sedemikian rupa sehingga *snake* akan menuju ke batas suatu objek atau fitur lain yang diinginkan. *Snake* model digunakan secara luas dalam banyak aplikasi termasuk deteksi tepi, pemodelan bentuk, segmentasi, dan motion tracking. [5]



Gambar 2.13 Penggunaan *snake* model

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

SISTEM AKUISISI DATA DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Software Telemed

Untuk melengkapi dan menjalankan instrumen ultrasound, telemed menambahkan software. Software yang digunakan adalah Echo Wave II Software. Petunjuk penggunaan disediakan dengan semua komponen antarmukanya.

3.1.1 Inisialisasi

Inisialisasi diperlukan sebelum mengoperasikan instrumen dengan softwarenya. Inisialisasi dilakukan dengan menjalankan instalasi driver. Spesifikasi dan kebutuhan komputer juga harus sesuai.

3.1.2 Penggunaan

Setelah semua instalasi selesai, maka ultrasound dapat digunakan. Terdapat icon yang menjadi shortcut software dan icon yang menerangkan kondisi aktif atau tidaknya instrumen ultrasound yang akan digunakan. Plug data dari ultrasound ke komputer menggunakan USB. Beamformer juga harus dihubungkan kepada probe yang sesuai.



Gambar 3.1 Ikon software telemed

Ketika mengoperasikan softwarena, akan ada simbol scanner ultrasound monitor yang aktif yang ditandai dengan warna hijau. Hal ini menandakan ultrasound siap untuk dijalankan. Saat membuka, tampilan awal ultrasound merupakan antarmuka untuk mode default, yaitu mode B-Standard dan pengaturan di semua parameternya juga dijadikan pengaturan awal.

3.2 Pengaturan Frekuensi dan Gain

Parameter frekuensi yang digunakan oleh semua akuisisi data sebesar 5 Mhz. Frekuensi 5 Mhz merupakan frekuensi standart pada awal pengaturan. Sedangkan gain yang digunakan adalah 96%.

3.3 Pengaturan Mode

Dalam melakukan akuisisi data, penelitian ini menggunakan 2 mode yang disediakan oleh telemed dalam produk ultrasound miliknya.

Mode merupakan metode untuk melepaskan pulsa serta mengakuisis citra. Dengan metode yang berbeda, diharapkan dapat dibandingkan dan saling melengkapi kekurangan salah satu mode. Mode yang digunakan dalam penelitian ini adalah B-Standard Mode dan Doppler Mode. Kedua mode terdapat pada toolbox bagian atas, berjajar dengan opsi mode yang lain.



Gambar 3.2 Tampilan antarmuka awal

3.3.1 Mode B-Standar

Mode B-Standar adalah mode level dua dari ultrasound. Di bawah mode B-Standar masih ada A-Mode yang tingkatnya lebih sederhana daripada mode ini. Dewasa ini mode ini merupakan mode yang paling sederhana. Akuisisi data dari B-Mode secara umum sudah mampu menunjukkan citra yang digunakan untuk mengidentifikasi posisi pembuluh darah. Karena mode B-Standar merupakan mode awal probe dan software telemed ini, maka tidak diperlukan pengaturan khusus untuk mode ini.

Setelah mode ini didapatkan, pengaturan parameter dapat langsung dijalankan dari toolbox yang sudah disediakan di layar di sebelah kiri bagian antarmukanya. Pengambilan citra dari mode ini adalah yang paling intuitif dan mudah untuk dipahami. Daerah pandang yang diakuisisi adalah bagian dari organ atau jaringan yang berpotongan dengan bidang pemindaian.

Mode *brightness* digunakan sebagai input awal dari program yang akan dijalankan. Mode ini dibatasi channel. Karena hasilnya hanya berwarna hitam dan putih, channel yang digunakan hanya satu. Tingkat channel ini diukur berdasarkan kecerahan, sehingga salah satu parameter pada program yang dirancang mempertimbangkan parameter kecerahan.



Gambar 3.3 Mode B-Standar

3.3.2 Mode Doppler

Prinsip Doppler menjadi inisiasi dari mode ini. Efek Doppler juga sudah dijelaskan dalam bab sebelumnya. Menggunakan prinsip Doppler sebagai landasan untuk pengoperasian mode ini, akuisi datanya menjadi lebih efisien. Mode Doppler memiliki banyak sekali implementasi, diantaranya Color Flow Mapping (CFM), kemudian Power Doppler Imaging (PDI) dan Directional Power Doppler Imaging (DPDI).

Dalam mode ini, kecepatan dan arah aliran darah digambarkan dalam komposisi warna yang ditumpangkan pada gambar 2 Dimensi. Menggunakan pulsa sinyal gelombang Doppler untuk menurunkan citra biasanya dilakukan dengan gelombang frekuensi ultrasound yang lebih rendah. Dan karenanya resolusi gambar 2 Dimensi memburuk dalam mode ini. Karena membutuhkan banyak pulsa di setiap garis pemindaian untuk mendapatkan citra warna, frame rate lebih sedikit jika dibandingkan dengan mode 2 dimensi pada B-Standard. Mengurangi kedalaman dan ukuran bidang pengamatan warna serta mengurangi lebar sector bidang pemindaian dapat mengkompensasi hal ini.

Meskipun dapat diubah dengan konvensi, darah yang arah mengalirnya dari probe digambarkan dengan warna biru, dan yang mengalir ke arah probe digambarkan dengan warna merah.



Gambar 3.4 Mode Doppler

3.4 Pengaturan Parameter

3.4.1 Parameter Kedalaman (depth)

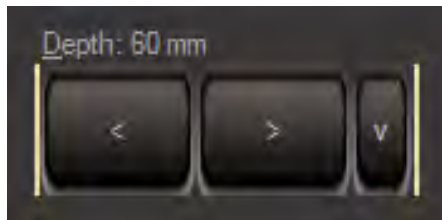
Kedalaman diatur menyesuaikan bidang pandang. Untuk mengamati secara lebih besar atau lebih dalam dapat dilakukan dengan meningkatkan kedalaman. Dengan mengurangi kedalaman, struktur yang dekat permukaan kulit akan dapat diamati. Selain itu, mengurangi kedalaman dapat juga dilakukan jika terdapat bagian tubuh yang besar yang tidak diperlukan gambarnya di dalam ultrasound yang terletak di bawah objek yang kita amati. Perubahan kedalaman dapat dilakukan untuk melihat struktur anatomi yang ditentukan pada pusat layar. Nilai yang diamati pada 30mm, 40mm, dan 50mm.

Ketersediaan daftar nilai kedalaman tergantung pada jenis probe yang digunakan. Unit pengukuran yang digunakan menggunakan satuan millimeter (mm). Sedangkan skala kedalaman memiliki interval 10mm.

3.4.2 Parameter Perbesaran (zoom)

Salah satu fitur yang dimiliki software pada hasil pencitraan adalah menu perbesaran. Fitur ini digunakan untuk memperkecil jangkauan citra yang ditangkap, namun hasilnya bisa lebih besar dari citra awal. Daerah yang ingin diperbesar dapat diklasifikasikan dengan subtools area. Nilai perbesaran yang diambil adalah 100%, 110%, dan 120%.

Dengan mengubah parameter perbesaran, skala pada hasil akuisisi citra juga akan berubah. Perubahan skala akan disesuaikan dengan tingkat perbesaran yang diatur. Fokus dari perbesaran akan dimulai dari bagian tengah akuisisi citra. Untuk mengetahui tampilan bagian permukaan, maka skala pada bagian kiri citra harus digeser sesuai dengan besar permukaan yang diamati.



Gambar 3.5 Pengaturan kedalaman

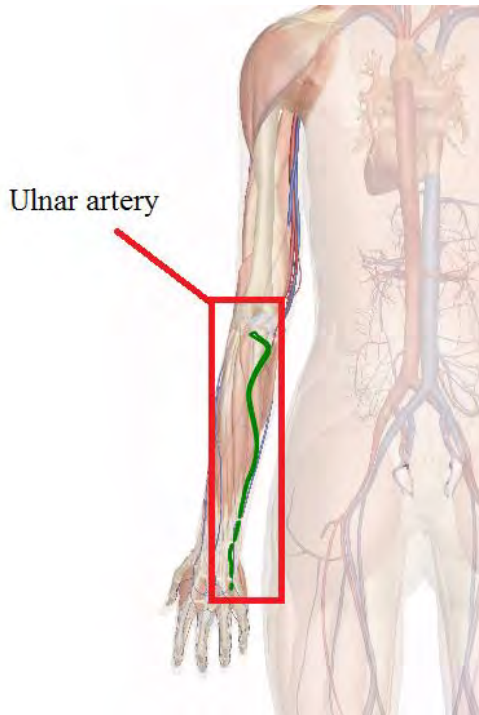


Gambar 3.6 Pengaturan perbesaran

Perbesaran dapat dilakukan kepada kedua mode yang akan diamati, baik melalui B-Standard maupun Doppler, dapat diperbesar sesuai dengan batasan 600% untuk yang paling besar, dan 60% untuk yang terkecil.

3.5 Objek Pengamatan

Seperti yang disebutkan dalam batasan permasalahan sebelumnya, objek pengamatan dibatasi pada lengan bawah (forearm). Pada lengan bawah terdapat banyak pembuluh darah yang secara kasat mata bisa tampak, sedangkan sisi lain dari lengan memiliki epidermis yang lebih tebal dan lebih jauh jaraknya terhadap pembuluh darah. Secara kasat mata, pembuluh balik lebih terlihat jika dibandingkan dengan pembuluh nadi.



Gambar 3.7 Pembuluh ulnar artery di lengan

Ulnar artery dan Radial artery merupakan pembuluh arteri yang terdapat pada lengan. Ulnar artery berada di siku dan merupakan salah satu cabang dari arteri brakialis. Ulnar artery mengarah ke sisi tulang ulna lengan bawah ke pergelangan tangan. Beberapa cabang memasok darah ke daerah sekitar persendian siku. Sementara yang lain memasok otot fleksor dan ekstensor pada lengan yang lebih bawah. Pada pergelangan tangan, cabang ulnar artery dan radila artery bergabung untuk membentuk jaringan pembuluh, yang memasok struktur di pergelangan tangan, tangan, dan jari-jari. Ulnar veins yang berseberangan akan sejajar dengan arteri brakialis untuk kembali ke jantung[11].

Radial artery adalah lanjutan yang sebenarnya dari arteri brakialis. Terdapat pada sisi tulang radial sepanjang lengan bawah menuju pergelangan tangan. Radial artery muncul dekat dengan

permukaan dan merupakan pembuluh yang dengan mudah didapatkan denyutnya. Pada pergelangan tangan akan bergabung dengan ulnar artery.

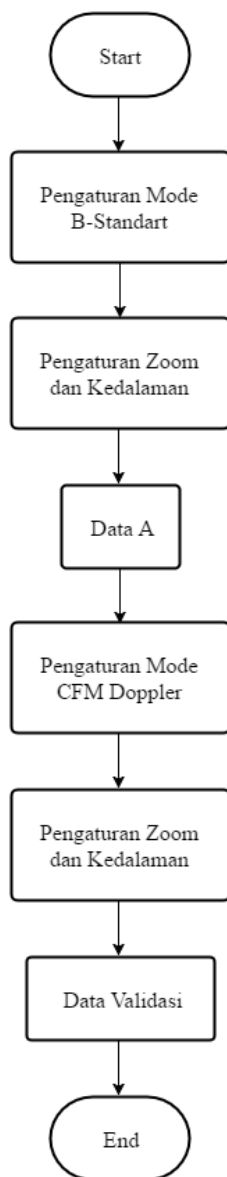
3.6 Sistem Akuisisi

Sistem akuisisi menjelaskan bagaimana akuisisi data didapatkan dengan menggunakan instrumen ultrasound LS 128 CEXT. Akuisisi data diperlukan karena citra yang akan diolah adalah citra hasil pengamatan terhadap objek yang sesuai dengan instrumen tersebut.

Dalam akuisisi data juga harus berurutan agar data yang didapatkan dapat dikelompokkan dengan teratur sehingga tidak membingungkan penelitian. Pengelompokkan data juga ditujukan untuk memudahkan analisa terhadap pengaturan parameter yang dilakukan selama penelitian. Pengaturan parameter yang diatur dengan tiga perlakuan dengan objek yang diamati berkali-kali akan menghasilkan data yang sangat banyak, sehingga klasifikasi ini bisa membantu proses analisa pada penelitian. Perbedaan pada penggunaan mode juga dilandasi berdasarkan dengan fungsinya masing-masing. Untuk mode *brightness* digunakan sebagai *raw material* untuk input pada pengolahan yang sudah disusun. Sedangkan mode Doppler digunakan sebagai validator.

Secara keseluruhan, system akuisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pengaturan Mode B-Standart
Mode default saat pertama kali dijalankan
- Pengaturan Parameter Kedalaman dan Zoom
Kedalaman dan Zoom ditetapkan sebagai parameter yang dirubah
- Pengumpulan Data A
Data untuk mode B-Standart
- Pengaturan Mode Doppler
Mengubah mode pada menubox yang tersedia menjadi CFM
- Pengaturan Parameter Kedalaman dan Zoom
Kedalaman dan Zoom bisa diatur ulang
- Pengumpulan Data B
Data untuk mode doppler
- Klasifikasi Data
Mengklasifikasikan data citra hasil akuisisi



Gambar 3.8 Flowchart akuisisi data

3.7 Metode Pendeteksi Pembuluh Darah

Penggunaan *snake* model sebagai deteksi diimplementasikan dengan menggunakan compiler Visual Studio 2013 dengan bantuan opencv sebagai tambahan library.

Bahasa yang digunakan dalam penyusunan program adalah Bahasa C++. Visual C++ bisa ditambahkan dengan library opencv untuk tambahan pengolah citra, yaitu *thresholding* dan filter morfologi. Gambar hasil akuisisi pada proses sebelumnya menjadi masukan untuk proses ini.

Sebelum dimasukkan ke dalam proses pengolahan citra, citra yang diakuisisi dengan instrumen ultrasound diubah dulu menjadi citra dengan tipe *grayscale* dengan cara :

```
void cvCvtColor(  
    const CvArr* src,  
    CvArr*      dst,  
    int         code  
);
```

Dengan konversi ini, maka proses selanjutnya dapat dijalankan.

3.7.1 Threshold

Pada perancangan pendeteksi pembuluh darah yang pertama adalah *thresholding*. Threshold digunakan untuk membedakan kontur yang berwarna gelap dan terang agar dikonversikan ke dalam threshold atas dan bawah. Fitur threshold yang digunakan adalah Global threshold. Secara implementatif digunakan fungsi binary threshold pada opencv.

Dalam penggunaannya, nilai threshold yang digunakan adalah 13 dengan lebar threshold dari 0 hingga 255.

Operasi yang diterapkan dalam program yaitu :

$$dst_i = (src_i > T) ? M : 0$$

Binary threshold digunakan agar citra pembuluh darah yang berwarna gelap menjadi nilai maksimal threshold.

3.7.2 Filter Morfologi

Setelah melewati thresholding, citra akan diberikan filter morfologi. Penambahan filter morfologi untuk mempertegas daerah pembuluh darah. Hasil dari thresholding pada daerah tertentu akan didilasi terlebih dahulu. Proses dilasi ini akan menggabungkan titik latar yang berdekatan menjadi titik objek, yaitu pembuluh darah yang berwarna hitam. Kemudian dimasukkan ke dalam proses erosi. Proses erosi akan menghilangkan tonjolan kecil dari daerah objek. Kedua proses yang berurutan ini akan membentuk morfologi closing. Proses morfologi closing akan menggabungkan objek-objek yang berdekatan, dan secara umum menghaluskan batas dari objek yang besar tanpa mengubah area objek secara signifikan.

Nilai dari kernel elemen yang digunakan sebesar 4x4, dengan bentuk *rectangular*. Penentuan kernel elemen melalui persamaan berikut :

$$\sigma_x = \left(\frac{n_x}{2} - 1 \right) \cdot 0.30 + 0.80, \quad n_x = \text{param1}$$

$$\sigma_y = \left(\frac{n_y}{2} - 1 \right) \cdot 0.30 + 0.80, \quad n_y = \text{param2}$$

Pada filter morfologi dilasi jumlah dilasi yang dilakukan sebanyak satu kali dengan elemen yang telah ditetapkan sebelumnya. Persamaan untuk filter morfologi dilasi adalah :

$$R = A \oplus B$$

Sedangkan untuk filter morfologi erode dilakukan dengan elemen yang sudah ditentukan, dan dioperasikan sesuai dengan persamaan :

$$R = A \ominus B$$

3.7.3 Snake Image

Dan yang terakhir adalah pengolah *snake image*. Proses ini akan memberikan deteksi perbedaan kontur dalam sebuah citra. Deteksi ini akan dimuai dari inisiasi daerah. Kemudian bergerak secara aktif untuk menemukan daerah yang memiliki kontur berebeda sebagai batasannya. Setelah ditemukan, posisi tersebut dtandai dengan garis inisiasinya.

Penggunaan *snake* model didasarkan pada penggunaan faktor energi. Energi yang mempengaruhi *active contour* ini dapat diformulasikan sebagai :

$$E = \int_0^1 E_{\text{int}}(\vec{\gamma}(s))ds + \int_0^1 E_{\text{ext}}(\vec{\gamma}(s))ds$$

Sedangkan untuk energi eksternal diformulasikan dalam :

$$E_{\text{ext}} = \left| \nabla G(\vec{\gamma}(s)) \right|^2$$

Pada parameter *snake* digunakan variabel alpha, beta dan gamma. Alpha sebagai energi kontinuitas, beta adalah energi kelengkungan, dan gamma sebagai energi citra.

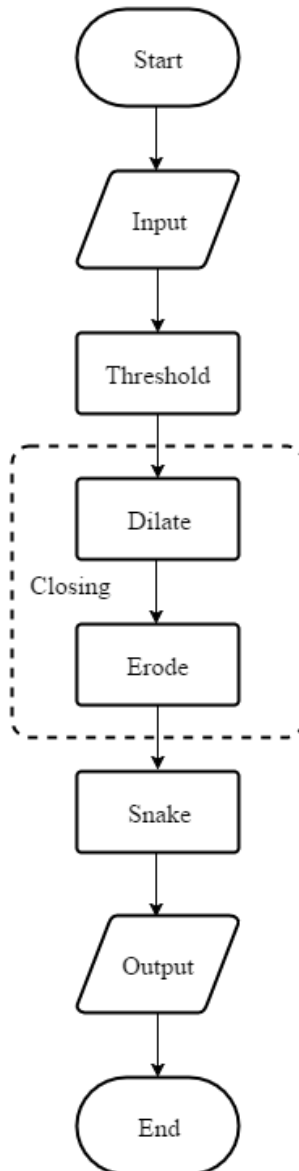
Untuk menggerakkan *snake* agar mendekati objek yang dideteksi, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\varphi^{n+1}(x) - \varphi^n(x)}{\Delta t} = (-F)\|\nabla \varphi\| + \left[\left(-\sum_{c \in C} S_c(\lambda) \right) + \left(-\sum_{c \in C} S_c(\lambda^c) \right) \right] \|\nabla \varphi\|$$

Deteksi *snake* menggunakan bentuk persamaan dengan panjang sumbu x sebesar 0.5 dari total lebar gambar dan panjang sumbu y sebesar 0.25 dari total panjang gambar.

$$\begin{aligned} x &= \text{width} : 2 \\ y &= \text{height} : 4 \end{aligned}$$

Bentuk dan posisi dari inisiasi deteksi akan menentukan besar iterasi yang dilakukan pada objek. Semakin dekat inisiasi *snake* terhadap objek, maka semakin kecil iterasi yang terjadi.



Gambar 3.9 Flowchart perancangan program

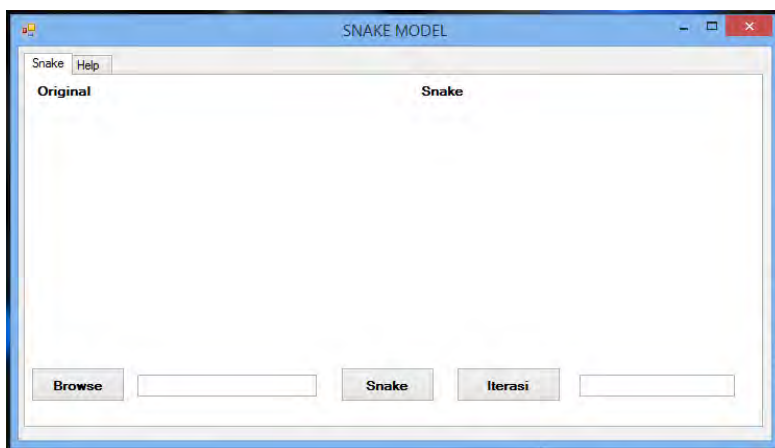
3.8 Perancangan GUI

Dalam megimplementasikan program yang telah dirancang, dibuatlah sebuah antarmuka atau *Graphic User Interface* (GUI) dengan menggunakan bahasa C++ pula. Sistem antarmuka ini disusun dalam software Visual Studio 2013 agar bersesuaian dengan program yang dirancang.

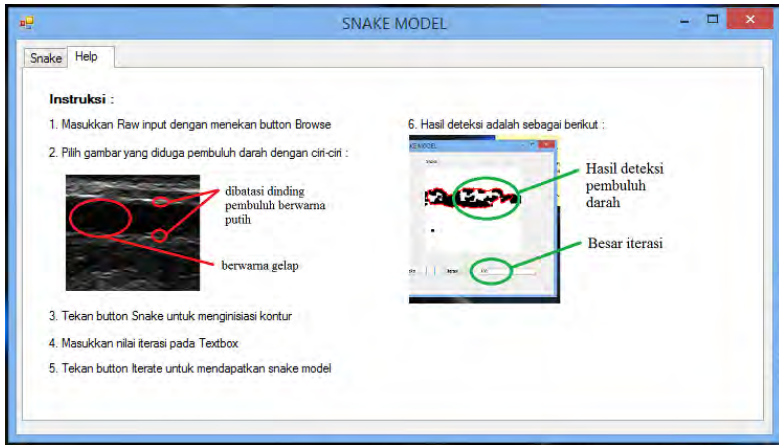
Fitur antarmuka yang dirancang memiliki tombol untuk memasukkan *raw input* sebagai masukan awal. Kemudian memiliki tombol *snake* untuk menginisiasi garis kontur yang digunakan sebagai detektor. Dan tombol *iterate* yang berfungsi untuk melakukan deteksi dengan pendekatan iterasi.

Sistem antarmuka ini digunakan dalam menjalankan program *snake model* yang telah disusun. Pada tampilan gambarnya, tidak semua proses pengolahan citra ditampilkan. Hanya bagian input dengan gambar original sebagai penanda bahwa input gambar sudah dimasukkan. Input yang digunakan harus berupa gambar, baik bertipe jpg ataupun png.

Setelah diketahui masukan gambar yang muncul pada panel sebelah kiri, maka proses pengolahan untuk didapatkan pembuluh darah dengan *snake model* bisa dilihat hasilnya pada panel sebelah kanan.



Gambar 3.10 Tampilan GUI



Gambar 3.11 Petunjuk pada GUI

Pada antarmuka juga diberikan petunjuk penggunaan serta keterangan pada masukkan. Hal ini karena tidak semua orang memahami hasil citra ultrasound.

Halaman ini sengaja dikosongkan

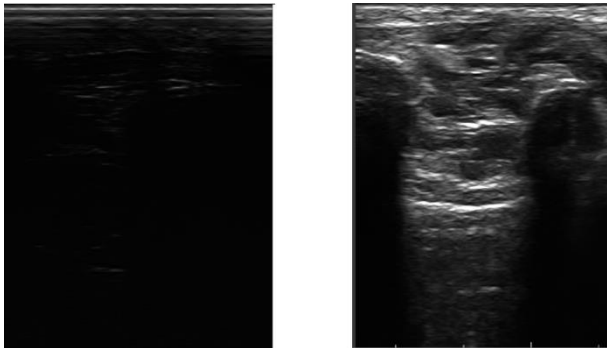
BAB IV

PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

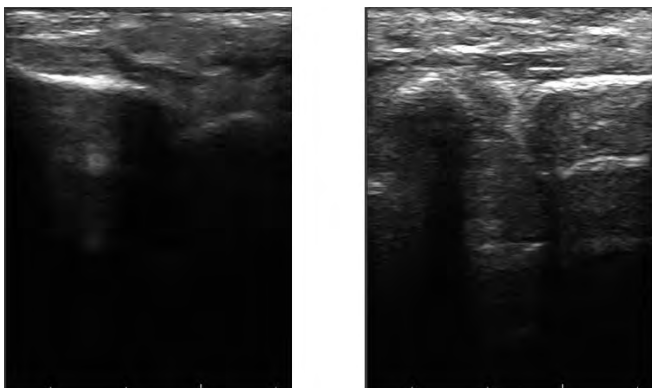
4.1 Pengamatan Alat

Pengamatan alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat digunakan untuk penelitian dengan tujuan yang telah disebutkan. Untuk melakukan pengujian pada alat yang digunakan, dilakukan beberapa percobaan terhadap ultrasound teleded.

- Pengamatan pertama dilakukan untuk mengetahui hasil akuisisi citra menggunakan gel ultrasound dan tanpa gel ultrasound. Hal ini dilakukan agar mempermudah saat dilakukan pengambilan data pembuluh darah pada objek. Dengan adanya gel atau tidak, pengaruh yang ditimbulkan terhadap hasil dapat diketahui.
- Kemudian dilanjutkan dengan proses pengamatan dengan menggunakan gel yang dioleskan pada permukaan kulit secara langsung dengan gel yang hanya dioleskan pada probe, dan tidak menyentuh permukaan kulit karena dilapisi oleh plastik sebagai pemisahannya. Hal ini untuk mengetahui seberapa efektif gel yang digunakan. Karena penggunaan gel dapat mengotori permukaan kulit jika dioleskan secara langsung, sehingga dimunculkan percobaan gel yang tidak menyentuh lengan secara langsung.
- Percobaan terakhir untuk menguji alat yang digunakan adalah dengan menggunakan validator berupa atlas ultrasound. Atlas ultrasound merupakan kumpulan hasil citra ultrasound yang disepakati oleh dunia medis.



Gambar 4.1 Perbandingan tanpa gel dan menggunakan gel



Gambar 4.2 Perbandingan gel di dalam dan gel di luar



Gambar 4.3 Validasi dengan atlas ultrasound

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan kondisi alat yang bisa digunakan untuk pengamatan. Transduser dioperasikan dengan bantuan gel yang secara langsung dioleskan pada lengan.

4.2 Pengamatan Lengan

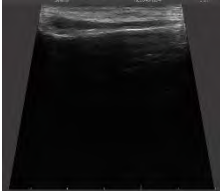

Setelah alat yang digunakan dirasa sesuai dan memenuhi dengan 3 pengujian sebelumnya, dapat dilanjutkan dengan akuisisi data. Data ini dimulai dengan objek lengan secara langsung. Pengamatan yang dilakukan kepada objek didasarkan pada batasan objek yang telah ditentukan. Hasil pengamatan kemudian diakuisisi dan dianalisa sesuai dengan tujuan penelitian.

4.2.1 Perbandingan Sisi

Data yang diakuisisi pada hasil pengamatan pertama adalah membandingkan lengan bagian bawah dan luar. Hal ini untuk mengetahui dimana sisi yang memudahkan untuk mendapatkan citra. Karena epidermis pada sisi dalam dan sisi luar memiliki perbedaan.

Dalam keterangan juga dijelaskan bahwa pengambilan data ini hanya dilakukan pada tangan kanan. Karena subjek merupakan pengguna dominan tangan kanan. Sehingga pembuluh darah lebih mudah dirasakan.


Tabel 4.1 Pengambilan citra sisi dalam

Posisi Probe	Hasil Citra	Keterangan
		Posisi probe berada pada bagian kanan sisi dalam dekat dengan ibujari
		Probe dipindah posisinya ke bagian yang dekat dengan kelingking dan pergelangan tangan
		Kepala Probe ditempelkan ke bagian tengah sisi dalam dekat dengan pergelangan tangan

Akuisisi dilakukan pada satu sisi dengan tiga bagian yang berbeda, pertama sejajar dengan ibu jari, di bagian tengah, serta di lokasi yang sejajar dengan jari kelingking.

Setelah melakukan pengambilan citra dari sisi dalam tangan, dilanjutkan dengan pengambilan citra dari sisi luar tangan. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, dapat diketahui pengambilan citra dari sisi dalam lengan memiliki hasil yang lebih maksimal jika dibandingkan dengan pengambilan citra dari sisi luar.





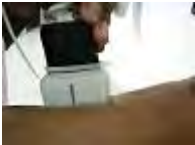
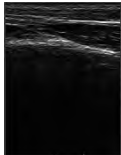

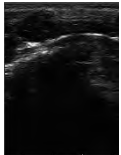
Tabel 4.2 Pengambilan citra sisi luar

Posisi Probe	Hasil Citra	Keterangan
		Probe diposisikan pada sisi luar dekat dengan ibujari dan pergelangan tangan
		Posisi probe dipindah dekat dengan kelingking
		Probe dipindahkan ke bagian tengah sisi luar tangan

4.3 Mode B-Standart


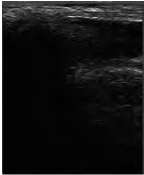

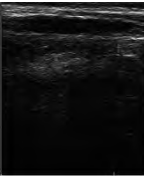

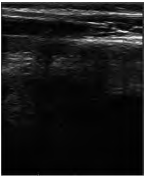

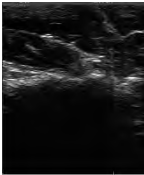
Setelah menentukan sisi lengan yang diambil dengan hasil pengamatan pertama, pengamatan dilanjutkan dengan menggunakan mode B-Standart. Pengamatan sisi harus dilakukan terlebih dahulu agar pengamatan dengan mode bisa dilakukan dengan lebih efektif dan akurat.

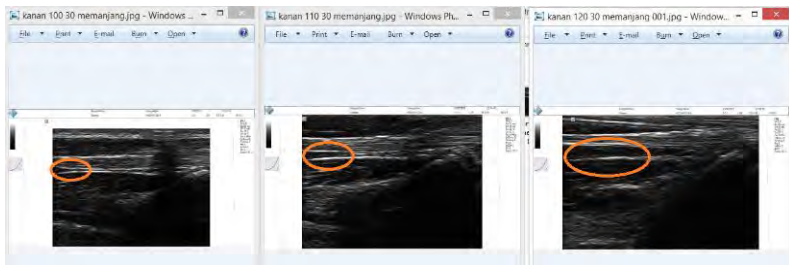
Tabel 4.3 Pengamatan normal

Posisi Probe	Hasil Citra	Keterangan
		Probe diletakkan pada sisi dalam dekat dengan pergelangan tangan.
		Posisi probe mengikuti jalur pertama, sedikit menjauhi posisi pertama
		Probe diletakkan runut dengan posisi pertama dan lebih jauh.
		Posisi probe dengan jalur posisi pertama saat mencapai persendian siku

Pada penggunaan mode B-Standard, pengamatan pertama dilakukan dengan menggunakan parameter normal secara *default*, yaitu pada kedalaman 50mm dengan perbesaran 100%. Parameter ini muncul secara otomatis saat software dijalankan.

Tabel 4.4 Pengamatan dengan zoom 110%

Posisi Probe	Hasil Citra	Keterangan
		Posisi probe berada dekat dengan pergelangan tangan.
		Probe tersebut diletakkan pada jalur yang sama, agak menjauhi pergelangan tangan
		Posisi probe ketiga dengan jalur yang runut dari posisi pertama.
		Probe diletakkan pada ujung lengan bawah dekat dengan persendian siku



Gambar 4.4 Perbandingan parameter perbesaran

Setelah perbesaran dengan nilai 100% dan kedalaman 50mm, data kedua yang diakuisisi adalah perbesaran 110% dengan kedalaman yang sama yaitu 50mm. Kedua data dengan perbedaan perbesaran tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan sebuah hasil analisa.

Dengan hasil akuisisi data terhadap parameter perbesaran pada nilai 100% dan 110% dapat ditemukan perbedaan. Pada perbesaran yang bernilai 110%, citra dengan fitur memanjang dan dilingkupi oleh garis warna putih terlihat lebih jelas jika dibandingkan dengan hasil citra dari perbesaran 100%.





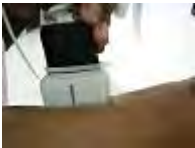
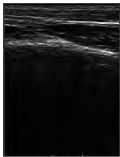


Perbesaran secara keseluruhan dalam penelitian ini menggunakan 3 nilai batasan. Pertama dengan nilai normal atau sebesar 100%, yang merupakan pengaturan *default* dari software saat pertama dijalankan. Perbesaran 100% merupakan kondisi sebenarnya dari objek pengamatan dengan skala yang disesuaikan. Kedua, digunakan perbesaran dengan nilai 110%. Nilai ini lebih besar 10% dari nilai sebelumnya. Dengan perbesaran 10% lebih besar, skala yang ditampilkan pada tampilan *interface* juga berbeda. Perbesaran ini juga mempengaruhi besar dari citra hasil akuisisi. Berdasarkan hasilnya, lebar citra pada perbesaran ini lebih besar dibandingkan dengan pada perbesaran sebelumnya.

Pada parameter perbesaran ketiga, diberikan nilai sebesar 120%, atau 10% lebih besar dari parameter perbesaran kedua dan 20% lebih besar dari parameter awal. Seperti perubahan pada perbesaran 110%, skala menjadi lebih kecil karena besar objek meningkat. Sedangkan lebar hasil citra akuisisi juga membesar.

Jika dibandingkan antara ketiganya. Data hasil pengamatan dengan posisi probe yang sama dan mode yang sama, hanya


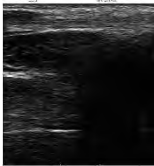

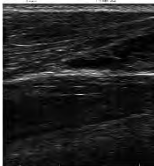

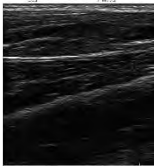

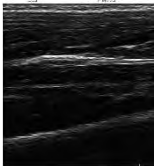
dibedakan berdasarkan perbesaran dengan nilai 100%, 110%, dan 120%, didapatkan bahwa perbesaran dengan prosentase 120% memiliki hasil citra yang lebih jelas jika dibandingkan dengan dua perbesaran lainnya. Sedangkan perbesaran dengan nilai 110% lebih jelas jika dibandingkan dengan perbesaran 100%.

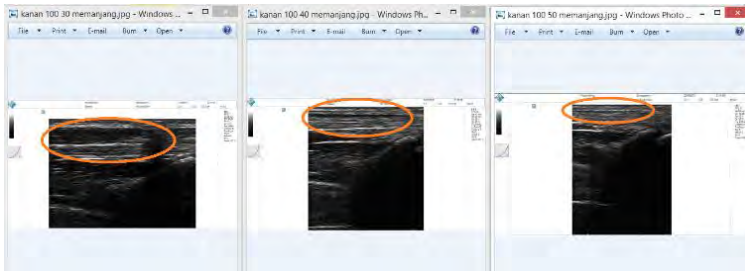
Tabel 4.5 Pengamatan dengan kedalaman 50mm

Posisi Probe	Hasil Citra	Keterangan
		Probe diletakkan pada sisi dalam dekat dengan pergelangan tangan.
		Posisi probe mengikuti jalur pertama, sedikit menjauhi posisi pertama
		Probe diletakkan runut dengan posisi pertama dan lebih jauh.
		Posisi probe dengan jalur posisi pertama saat mencapai persendian siku

Tingkat kejelasan citra yang didapatkan diindikasikan pada gambar pembuluh darah yang ditunjukkan dengan garis memanjang berwarna hitam dengan lapisan luar garis putih.

Tabel 4.6 Pengamatan dengan kedalaman 40mm

Posisi Probe	Hasil Citra	Keterangan
		Posisi probe diletakkan dekat dengan pergelangan tangan sisi dalam.
		Runutan posisi probe sebelumnya, agak menjauhi pergelangan tangan.
		Probe diletakkan runut dengan posisi kedua dan lebih jauh.
		Probe berada di dekat dengan persendian pada siku.



Gambar 4.5 Perbedaan parameter kedalaman

Pengamatan dengan mode B-Standard selanjutnya dengan membandingkan parameter kedalaman. Pada perbandingan kedalaman, digunakan perbesaran normal yaitu 100%.

Pada pengamatan selanjutnya, akuisisi data didapatkan untuk kedalaman 40mm dengan perbesaran tetap pada 100%. Dengan kedalaman 40mm, maka akan mengurangi daya jangkauan dari probe menjadi lebih pendek.

Setelah didapatkan kedua akuisisi data, parameter kedalaman dapat dianalisis dengan membandingkan hasil citra keduanya. Perbedaan pertama dari pengaturan kedalaman adalah skala yang ditampilkan pada *interface*. Skala pada kedalaman 40mm lebih sedikit jika dibandingkan dengan lingkup skala pada kedalaman 50mm. Dengan kedalaman yang lebih dangkal, pada nilai 40mm memiliki hasil citra yang lebih jelas karena dalam jarak objek lebih efektif. Berbeda dengan kedalaman 50mm yang lebih panjang daripada objek yang diamati.



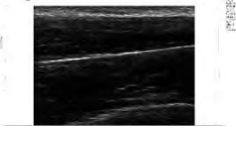



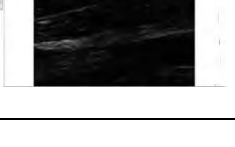

Dalam tugas akhir ini, dilakukan pengujian terhadap parameter kedalaman sebanyak 3 kali, dengan parameter kedalaman pertama yang bernilai 50mm, atau setara 5cm. Objek pengamatan yang berupa lengan memiliki kedalaman antara 3 cm hingga 6 cm. Sehingga pada kedalaman ini, bisa mengukur pada bagian awal di dekat pergelangan tangan. Karena pembuluh darah pada lengan bawah berada lebih dekat ke permukaan kulit, sehingga bisa melingkupi objek yang ingin diamati.

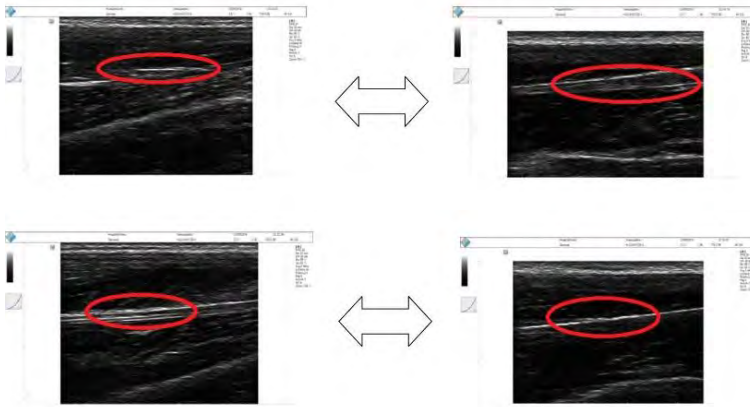
Pada parameter kedalaman yang kedua, nilai yang diberikan adalah 40mm atau 4cm. Dengan adanya perubahan kedalaman, skala pada *display interface* juga berbeda. Skala dengan kedalaman 40mm lebih sedikit jika dibandingkan dengan kedalaman 50mm, karena

ruang lingkupnya lebih kecil. Namun hasil citra yang ditangkap pada kedalaman 40mm lebih lebar daripada 50mm.

Sedangkan nilai pada parameter kedalaman ketiga adalah 30mm. Dengan kedalaman 3cm, pembuluh darah yang dekat dengan permukaan kulit lebih terlihat.

Tabel 4.7 Pengamatan dengan 2 subjek

Subjek 1	Subjek 2
	
	
	
	



Gambar 4.6 Perbandingan 2 subjek

Lengan sebagai objek pengamatan secara anatomi memiliki struktur yang sama. Untuk membuktikan hal tersebut, dilakukan pengujian terhadap 2 subjek yang berbeda. Kedua subjek diamati dengan posisi probe yang sama. Parameter kedalaman dan perbesaran juga diatur sedemikian rupa hingga keduanya sama.

Bagian citra yang difokuskan adalah bagian pembuluh darah yang berwarna gelap dengan dua garis putih yang melindungi kedua sisinya.

Bagian lengan yang diamati juga merupakan sisi dalam seperti yang telah diamati sebelumnya. Untuk parameter perbesaran diatur pada nilai standart yaitu 100%. Sedangkan pada parameter kedalaman diatur pada nilai 30mm.

Dengan mendapatkan data kedua subjek yang berkesesuaian posisi probenya, kedua subjek dapat dibandingkan. Kondisi kedua subjek berbeda dari berat dan tinggi badan. Kedua subjek sama-sama merupakan pengguna tangan kanan dominan, sehingga lengan yang diamati adalah lengan kanan.

Pada pengamatan dengan parameter kedalaman 30mm, citra sudah bisa menunjukkan letak pembuluh darah. Jika diidentifikasi berdasarkan dinding pembuluh darah yang berwarna putih, pembuluh darah kedua subjek juga memiliki besar yang berbeda. Sedangkan dari segi kedalaman, kedua pembuluh darah hamper sama letaknya.

Dari perbandingan kedua subjek tersebut didapatkan analisa bahwa besarnya pembuluh darah dipengaruhi oleh berat badan subjek yang diamati. Sedangkan untuk letak dan kedalamannya dalam tubuh, memiliki kesamaan.

4.4 Mode Doppler

Seperti yang dijelaskan dalam bab sebelumnya, mode Doppler merupakan salah satu penemuan dalam bidang ultrasound medis yang mampu digunakan untuk mendeteksi arah aliran darah dengan menerapkan prinsip efek Doppler.

Pada tugas akhir ini, penggunaan mode Doppler hanya digunakan sebagai validasi terhadap hasil pengolahan citra yang dijalankan. Adanya mode Doppler dapat menunjukkan dua informasi penting terhadap citra yang diakuisisi. Informasi pertama adalah letak pembuluh darah. Karena mode Doppler dapat diberikan indikasi warna, maka pembuluh darah yang dideteksi dapat diberikan warna, sehingga memudahkan pengguna untuk mendeteksi bagian mana yang menunjukkan pembuluh darah dari keseluruhan citra yang diamati.

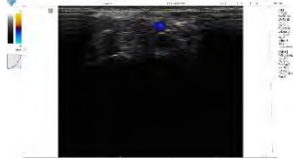
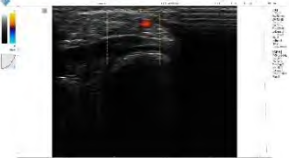








Sedangkan informasi kedua adalah arah aliran pembuluh darah pada bagian tubuh yang diamati. Pada lengan dengan dua pembuluh besarnya, yaitu ulnar artery dan radial artery, dapat pula diamati kemana arah aliran. Untuk mode Doppler, arah aliran dibedakan secara relatif terhadap probe, apakah darah bergerak menjauhi atau mendekati probe.

Dari kedua subjek, didapatkan bahwa pada pemindaian pembuluh darah melintang sudah ditemukan adanya berkas pembuluh darah dalam penampang tangan. Namun terjadi perbedaan posisi dan warna pendeteksi. Posisi dikarenakan kedua subjek memiliki besar ukuran lengan yang berbeda.

Mode Doppler memiliki satu fitur yang dinamakan *color flow mapping*. Fitur ini menyediakan dua warna yang bisa dirubah dengan warna asal merah dan biru. Warna ini dapat ditempelkan pada pembuluh darah yang dideteksi berdasarkan arah aliran yang didapatkan dari perbedaan frekuensinya.

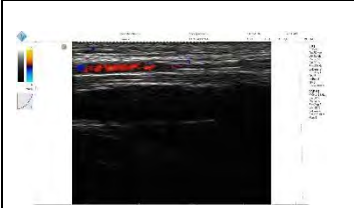
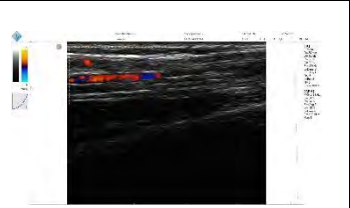
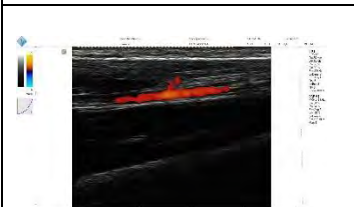
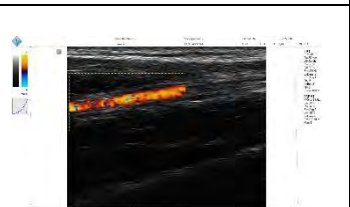
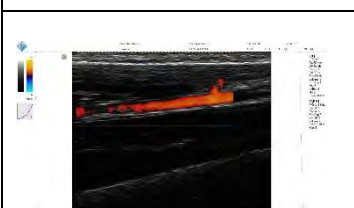

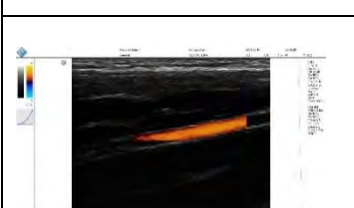
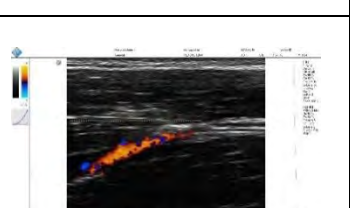
Pada pengamatan didapatkan warna pada citra, namun ada warna yang berbeda meskipun posisinya sama. Perbedaan warna pendeteksi ini terjadi dikarenakan adanya aliasing pada *color flow mapping*.

Tabel 4.8 Hasil pengamatan melintang

Subjek 1	Subjek 2
	
	
	
	
	

Pada mode Doppler, diberlakukan pengamatan melintang dan memanjang. Pengamatn melintang dilakukan untuk mengiris lengan agar mengetahui posisi pembuluh darah secara melintang dan untuk dipadukan dengan bagian tubuh yang lain yang terdapat pada lengan.

Tabel 4.9 Hasil pengamatan memanjang

Subjek 1	Subjek 2
	
	
	
	

Kemudian berikutnya adalah pengamatan pada kedua subjek dengan penampang memanjang dengan lokasi yang segaris terhadap pengamatan yang dilakukan secara melintang.

Data citra hasil akuisisi dengan mode Doppler tidak akan dijadikan sebagai input dalam tugas akhir ini. Data ini akan digunakan pada bagian akhir sebagai validasi terhadap aplikasi yang dijalankan. Validasi dilakukan karena belum adanya tenaga klinis yang ahli di bidang ultrasound yang bisa melakukan validasi terhadap hasil pengolahan citra pada tugas akhir ini.

Perbandingan citra yang dihasilkan dari 2 subjek pengamatan yang tertera dalam tabel juga sebagai validasi dari analisa yang dilakukan terhadap dua subjek sebelumnya dengan menggunakan mode B-Standard.

Dengan mode Doppler, masih ditemukan perbedaan besar pembuluh darah pada bagina tubuh yang sama dengan posisi probe diletakkan. Kondisi kedua subjek yang berbeda berat badannya merupakan salah satu hal yang mempengaruhi perbedaan ini. Sedangkan untuk letaknya dari sudut pandang kedalaman, terdapat sedikit perbedaan. Jika pada pengamatan dengan B-Standard letaknya hamper sama, pada mode Doppler hanya 75% akuisisi citra yang memiliki kesamaan letak dalam kedalaman nya.

Kedua pengamatan, baik secara melintang dan memanjang membuktikan perbedaan posisi pembuluh darah yang diamati dari 2 subjek yang memiliki berat badan yang berbeda tersebut. Akuisisi citra mode Doppler juga menjadi referensi yang mengindikasikan fitur pembuluh darah. Karena fitur *color flow mapping* merupakan memiliki area tertentu yang dapat dirubah ukuran dan letaknya. Citra yang berada di dalam area tersebut akan mendapatkan pengolahan citra berbasis Doppler, sehingga pembuluh darah di dalam area tersebut akan memunculkan warna sebagai penanda. Sedangkan citra yang tidak dilingkupi oleh area yang ditentukan akan tetap menggunakan mode B-Standard. Dengan adanya kombinasi ini, dapat menjadi referensi utama seperti apa fitur pembuluh darah dalam mode B-Standard.

Baik melintang maupun memanjang, kedua subjek sudah berhasil terdeteksi letak pembuluh darahnya, meskipun masih terdapat aliasing pada warna yang dihasilkan. Alur pada pengamatan memanjang dan melintang dari kedua subjek juga mendekati kata sesuai dengan posisi pembuluh darah berdasarkan referensi.

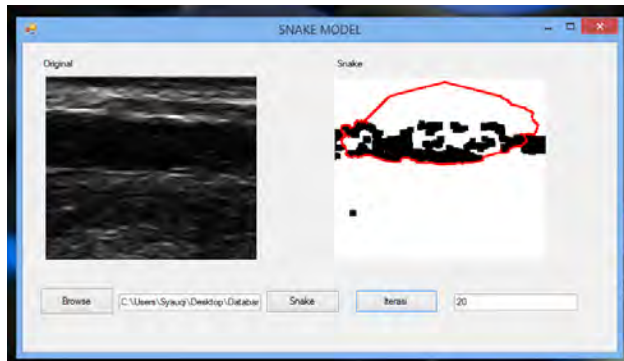
4.5 Pengujian Snake Model

Setelah beberapa pengujian di atas, dilakukan pengujian secara langsung terhadap program dan antarmuka yang telah disusun.

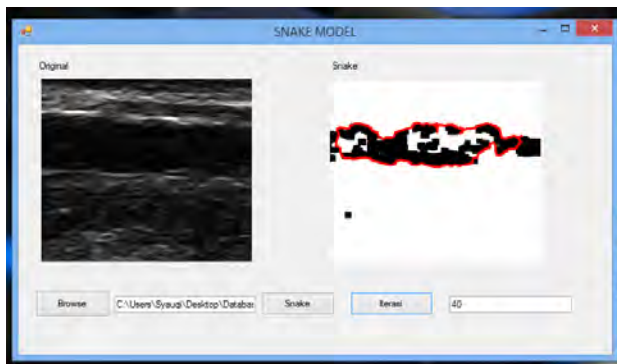
Pengujian ini dilakukan dengan mengatur iterasi yang digunakan, agar didapatkan hasil yang menyatakan iterasi maksimal jatuh pada nilai tertentu.

Dengan pengujian ini pula didapatkan hasil bahwa penggunaan metode *snake model* dapat digunakan untuk mendeteksi pembuluh darah.

Hasil yang didapatkan dengan pengujian ini juga menunjukkan ciri-ciri pembuluh darah yang dapat diamati.



Gambar 4.7 Hasil iterasi 20 kali



Gambar 4.8 Hasil iterasi 40 kali

Halaman ini sengaja dikosongkan

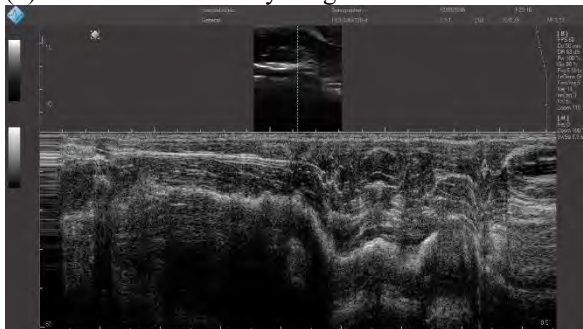
LAMPIRAN

Dokumentasi Pengambilan Data

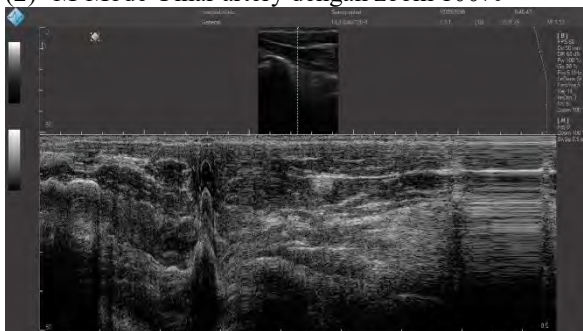


M-Mode saat Pengamatan

(1) M-Mode ulnar artery dengan zoom 110%



(2) M-Mode Ulnar artery dengan zoom 100%



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data yang dilakukan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Agar pembuluh darah dapat dideteksi, dibutuhkan 2 indikator.
- Hasil citra secara maksimal didapatkan dengan mengatur parameter pada kedalaman pada nilai 30mm, sedangkan untuk perbesaran bernilai 120%.
- Iterasi paling cepat untuk mendeteksi pembuluh darah sebanyak 40 kali.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan setelah penelitian ini berlangsung adalah sebagai berikut :

- Subjek yang diamati sebaiknya lebih bervariasi dengan kondisi ukuran tangan yang berbeda.
- Referensi letak dan posisi pembuluh darah lebih banyak agar data dan pengamatan semakin akurat.
- Selalu membandingkan hasil pengamatan dengan referensi baik dari segi anatomi maupun fisiologi.
- Meminta validasi pada tenaga klinis yang ahli di bidang ultrasound.
- Menggunakan pengolahan baru dengan inisiasi dari dalam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Doerfler, Nikolas, et al, “Blood Vessel Detection in Navigated Ultrasound: An Assistance System for Liver Resections”, Proceeding of IEEE/International Conference on Complex Medical Engineering, 2011.
- [2] Szabo, T. L. et al, “A Hybrid Method for Restoring the Fidelity of Ultrasound Images of Vessels”, IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings, 2011
- [3] Minin, Igor, Minin Oleg, “Ultrasound Imaging – Medical Application”, Rijeka, Kroasia, 2011
- [4] Febriana, Tri Handayani, “Analisa Pengaruh Radiasi *X-rays* terhadap Kesehatan Tubuh Manusia di Rumah Sakit”, Universitas Udayana
- [5] Ari, Masy Ulinuha, et al, “Segmentasi Optic Disk pada Penderita Diabetic Retinopathy Menggunakan GVF *Snake*”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [6] Pellerito, Zwiebel, “Introduction to Vascular Ultrasonography”, Elsevier Saunders, 2005.
- [7] Martini, Nath, “Fundamentals of Anatomy & Physiology”, Benjamin Cummings, 2012.
- [8] Netter, Frank H., “Atlas of Human Anatomy”, Elsevier Saunders, 2014.
- [9] Thursh, Abigail dan Hartshorne, Tim, “Pheriperal Vascular Ultrasound”, Elsevier Churchil Livingstone, 2005.
- [10] Prasetyawan, Dani, “Rancang Bangun Sistem Pelacakan Otomatis dan Penguncian Sasaran pada Pertahanan Statis Berbasis Pengolah Citra”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [11] Website www.innerbody.com, Cardiovascular, 2016.

BIOGRAFI PENULIS



Mohammad Syauqi Ahmadi, dengan nama panggilan Syauqi ini lahir di Jombang pada Bulan Februari 1994. Saat ini masih berstatus sebagai mahasiswa aktif di S1 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.. Memiliki riwayat pendidikan di MI Madinatul Ulum Mojokrapak, kemudian dilanjutkan ke SMPN 2 Jombang, dan SMAN 2 Jombang. Telah mengikuti beberapa pelatihan dan organisasi baik di dalam maupun di luar kampus. Menginjak semester 8 (delapan) dengan konsentrasi pada bidang studi Elektronika. Suka berpetualangan dan menjelajahi tempat-tempat baru. Dapat dihubungi melalui email syauqinew94@yahoo.com